Aus dem Institut für Anaesthesiologie der Universität Würzburg
Vorstand: Professor Dr. med. K.H. Weis

VERLETZUNGEN BEI UNFAELLEN MIT SPORTWAGEN

UNTERSUCHUNG AM BEISPIEL VON INSASSEN IN PORSCHEFAHRZEUGEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfasst und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Susanne Heinz

aus

Wertheim/Main

Würzburg, den 17.5.82

Aus dem Institut für Anaesthesiologie der Universität Würzburg
Vorstand: Professor Dr. med. K.H. Weis

VERLETZUNGEN BEI UNFAELLEN MIT SPORTWAGEN

UNTERSUCHUNG AM BEISPIEL VON INSASSEN IN PORSCHEFAHRZEUGEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfasst und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Susanne Heinz

aus

Wertheim/Main

Würzburg, den 17.5.82

Referent: Privat-Dozent Dr. P. Sefrin

Korreferent: Professor Dr. E. Kern

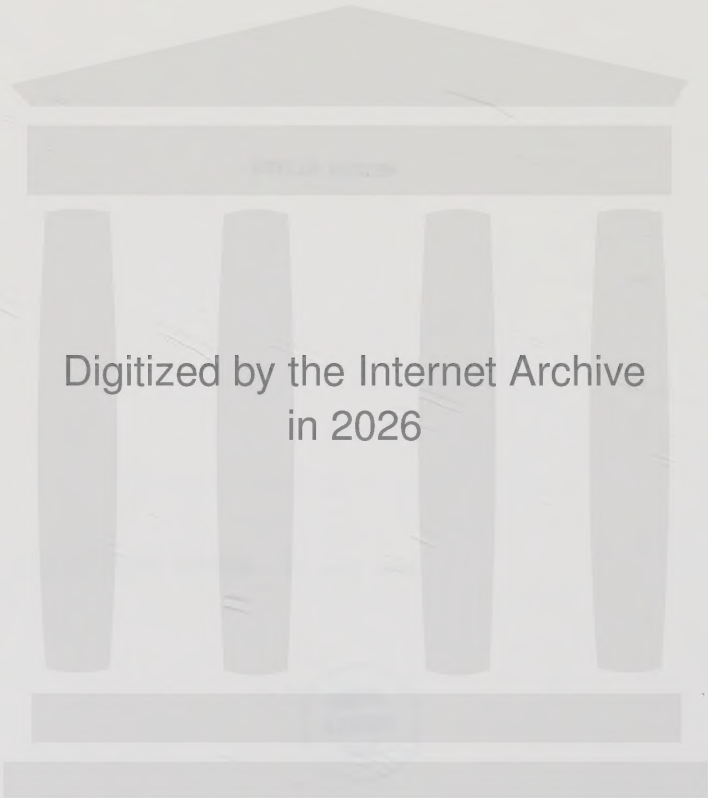
Dekan: Professor Dr. K.-A. Bushe

Tag der mündlichen Prüfung: 6. Juli 1982

UNIV. LEIDEN BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

MEINEN ELTERN



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543526_0030

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	KURZER LITERATURUEBERBLICK	2
	2.1. Einfluss der Fahrzeugkonstruktion auf die Verletzungen	2
	2.2. Verletzungen bei Verkehrsunfällen	3
	2.3. Untersuchungen über den Sicherheitsgurt	4
3.	FRAGESTELLUNG	6
4.	BESCHREIBUNG DES BENUTZTEN MATERIALS UND DER METHODE	7
	4.1. Untersuchungsgut	7
	4.2. Datenerhebung	8
	4.2.1. Technische Untersuchung	8
	4.2.2. Medizinische Untersuchung	9
	4.3. Auswertung	10
5.	ERGEBNISSE	
	5.1. Allgemeine Daten	12
	5.1.1. Beteiligte Fahrzeuge	12
	5.1.2. Kollisionstypen	13
	5.1.3. Allgemeine Daten zu den Insassen	13
	5.1.4. Verletzungen und Behandlung der Fahrzeuginsassen	13
	5.2. Verletzungen aller Insassen	14
	5.2.1. Gesamtverletzungsschwere der Insassen	14
	5.2.2. Verletzungen an einzelnen Körperbereichen und ihre möglichen Ursachen	16

5.2.2.1. Kopfverletzungen 16
5.2.2.2. Halsverletzungen 18
5.2.2.3. Thoraxverletzungen 19
5.2.2.4. Abdominelle Verletzungen 21
5.2.2.5. Beckenverletzungen 22
5.2.2.6. Rückenverletzungen 22
5.2.2.7. Verletzungen der oberen Extremitäten 22
5.2.2.8. Verletzungen der unteren Extremitäten 23
5.2.3. Mehrfachverletzungen und Verletzungskombinationen 24
5.3. Vergleich von Verletzungen bei Porsche 911 und 924 25
5.4. Verletzungsschwere der Insassen in Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad der Fahrzeuge 26
5.5. Beschädigungsgrade der Fahrzeuge bei verschiedenen Kollisionsarten 28
5.6. Verletzungen der Insassen bei den verschiedenen Kollisionsarten 29
5.6.1. Traumatisierungsgrad bei verschiedenen Kollisionsarten 29
5.6.2. Gesamtverletzungsschwere der Insassen bei verschiedenen Kollisionsarten 29
5.6.3. Verletzungsmuster bei verschiedenen Kollisionsarten 30
5.6.3.1. Verletzungen beim rechtsseitigen Aufprall 30
5.6.3.2. Verletzungen beim linksseitigen Aufprall 31
5.6.3.3. Verletzungen beim Heckaufprall 31
5.6.3.4. Verletzungen beim Frontalaufprall 31
5.6.3.5. Verletzungen beim Ueberschlag 32
5.6.3.6. Verletzungen beim komplexen Unfall 33

5.7. Tödliche Verletzungen 34
5.7.1. Todesursachen 35
5.7.2. Häufigkeit tödlicher Verletzungen bei den verschiedenen Fahrzeugmodellen 36
5.8. Ejektion 36
5.8.1. Gesamtverletzungsschwere bei Ejektion 37
5.8.2. Einzelverletzungen bei Ejektion 37
5.8.3. Ejektionsrisiko bei verschiedenen Kollisionsarten 37

6. DISKUSSION 38

7. ZUSAMMENFASSUNG 53

8. TABELLEN UND ABBILDUNGEN 55
8.1. Abbildungen 56
8.2. Tabellen 76
8.3. Unfallfotos - Kasuistik 107

9. ANHANG 133
9.1. Allgemeiner Fragebogen 134
9.2. Medizinischer Fragebogen 137
9.3. Verletzungsskala nach OAIS/AIS (Auszug aus Abbreviated Injury Scale) 148
9.4. Beschädigungsgrad nach VDI 153
9.5. Beschädigungsgrad nach HUK 155
9.6. Auswertungsbogen der "Fahrzeugsicherheit 74" des HUK-Verbandes 160

10. LITERATURVERZEICHNIS 165

L I S T E D E R V E R W E N D E T E N A B K U E R Z U N G E N

n_u	Anzahl der Unfälle
n_i	Anzahl der Insassen
n_{iE}	Anzahl der herausgeschleuderten Insassen
n_{it}	Anzahl der tödlich verletzten Insassen
n_{uE}	Anzahl der Unfälle mit Ejektion
n_{ut}	Anzahl der Unfälle mit tödlichen Verletzungen
n_{RS}	Anzahl der Unfälle mit rechtsseitiger Kollision
n_{LS}	Anzahl der Unfälle mit linksseitiger Kollision
n_H	Anzahl der Unfälle mit Heckaufprall
n_F	Anzahl der Unfälle mit Frontalaufprall
n_U	Anzahl der Unfälle mit Ueberschlag
n_K	Anzahl der Unfälle mit komplexem Unfallablauf
n_v	Anzahl der Verletzungen
T	Absoluter Traumatisierungsgrad
T_m	mittlerer Traumatisierungsgrad
T_{RS}	Traumatisierungsgrad bei rechtsseitigen Kollisionen
T_{LS}	Traumatisierungsgrad bei linksseitigen Kollisionen
T_H	Traumatisierungsgrad bei Heckaufprall
T_F	Traumatisierungsgrad bei Frontalkollision
T_U	Traumatisierungsgrad bei Unfällen mit Ueberschlag
T_K	Traumatisierungsgrad bei komplexen Unfällen
B	Beschädigungsgrad nach HUK
B_m	mittlerer Beschädigungsgrad
VDI	Vehicle Deformation Index
OAIS	Overall Abbreviated Injury Scale (Gesamtverletzungsschwere)
AIS	Abbreviated Injury Scale (Verletzungsschwere einzelner Körperbereiche)
ISS	Injury Severity Score (Gesamtverletzungsschwere)

1. EINLEITUNG

Von Jahr zu Jahr nimmt der Bestand an Kraftfahrzeugen beträchtlich zu. Allein vom 1.7.1976 bis zum 1.7.1977 stieg die Zahl der zugelassenen Personenkraftwagen in der Bundesrepublik Deutschland um 1 100 459 (= 5,82%) auf 20 020 197 an (Tab. 1).

Sportwagen mit der charakteristischen Keilkontur der Frontstruktur sind dabei etwa mit 0,5% beteiligt (Stand 1.7.1977; Berechnungen der Firma Porsche nach 139).

Zu diesen keilkonturförmigen Fahrzeugen zählen auch die Fahrzeuge der Firma Porsche. Deren Anteil wuchs im Zeitraum zwischen dem 1.7.1976 und dem 1.7.1977 um 6 964 (= 22%) auf 38 131 zugelassene Fahrzeuge. Dies bedeutet eine Beteiligung von 0,19% am Bestand aller zugelassenen Fahrzeuge (Stand 1.7.1977; HUK-Verband).

Trotz der relativ geringen Gesamtzahl von Sportwagen ist dieser Typ von Fahrzeugen wegen einiger besonderer charakteristischer Merkmale in seinem Verhalten bei der Beteiligung an Verkehrsunfällen untersuchungswürdig.

Unabhängig von der Unfallursachenforschung stellt sich nun die Frage, ob sich diese charakteristischen Konstruktionsmerkmale eines Sportwagens im Verletzungsmuster der Insassen auswirken. Bei einer solchen Untersuchung müssen im Gegensatz zur Unfallursachenforschung die Wichtung mit der jährlichen Fahrleistung, der Art der Verkehrsbeteiligung und der Fahrerpopulation etc. nicht erfolgen. Bei einer vergleichenden Bewertung des Verletzungsrisikos im Sportwagen muss diesen Einflüssen jedoch ganz besondere Bedeutung zukommen.

2. KURZER LITERATURUEBERBLICK

Jedes Jahr erscheint eine Vielzahl von Veröffentlichungen zum Thema Verkehrsunfall. Das Unfallgeschehen auf der ganzen Welt wird von den verschiedensten Seiten beleuchtet.

Mit den Möglichkeiten der Auswertung statistischer Daten bei grossen Fallzahlen befassen sich DANNER (18), HARTEMANN (47) und LANGWIEDER (62). HARTEMANN (47) veröffentlicht eine Zusammenstellung über das Unfallgeschehen in Frankreich, Grossbritannien, Italien und Deutschland im Jahre 1970. Auch die Untersuchungen des HUK-Verbands (129, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137) geben einen Ueberblick über grosse Zahlen von Verkehrsunfällen.

Andere Autoren untersuchen ebenfalls, allerdings teilweise bei weit geringeren Fallzahlen, Unfallursachen (2, 3, 12, 40, 66, 104) und Begleitumstände (26, 78, 86). Probleme der medizinischen und unfalldynamischen Rekonstruktion von Verkehrsunfällen beschäftigen WALZ und Mitarbeiter (117).

Mit Fragen der Unfallverhütung und der Präventivmedizin befassen sich GOEGLER (41) und MULLER (83).

2.1. Einfluss der Fahrzeugkonstruktion auf die Verletzungen

Der Einfluss der Fahrzeugkonstruktion auf die Verletzungen der Insassen stellt ein grosses Gebiet in der Unfallforschung dar (17, 60, 61, 79, 87, 116, 122). Spezielle Untersuchungen über die Verletzungen in bestimmten Fahrzeugmodellen liegen vor (69, 93). Mit dem Schweregrad der Verletzungen in Abhängigkeit von der Kollisionsschwere befassen sich MACKAY (71) und TARRIERE (104).

In diesem Zusammenhang werden auch Probleme der Inneren Sicherheit der Fahrzeuge diskutiert (61, 62, 64, 67, 82, 123, 131, 136, 137). Eine Vielzahl von Arbeiten befasst sich mit der Entstehung von Verletzungen durch Kontakt der Insassen mit Fahrzeugteilen (2, 10, 27, 42, 84, 90). SIMS (97) veröffentlicht ausführliche Tabellen über die Verletzungsmöglichkeiten

durch die verschiedenen Teile des Fahrzeuginnenraumes.

Bewegungsabläufe von angegurteten und nicht angegurteten Insassen werden während der verschiedenen Phasen des Unfalls studiert. Umfangreiche Berechnungen geben Aufschluss über die Kräfte, die in bestimmten Unfallsituationen am menschlichen Körper wirken. Versuche über die Belastbarkeit einzelner Körperbereiche erklären das Verletzungsrisiko bei bestimmten Unfallarten.

2.2. Verletzungen bei Verkehrsunfällen

Die Verletzungen von Verkehrsunfallopfern sind Gegenstand vieler Untersuchungen. Sie werden unter den unterschiedlichsten Gesichtspunkten zusammengefasst.

Mit den verschiedenen Verletzungsarten und -kombinationen befassen sich die Untersuchungen von EBERLE (25), FISCHER (28, 31), VOIGT (110) und WEYAND (120). In anderen Arbeiten werden nur tödliche Verletzungen analysiert (30, 34, 69, 96, 105). Obduktionsbefunde lassen ein eingehendes Studium der Verletzungen zu.

Daneben liegen Veröffentlichungen über fast alle verletzten Körperbereiche vor: Kopfverletzungen als häufigste Verletzungsart spielen hier eine besonders grosse Rolle (44, 51, 53, 54, 62, 91, 92, 100, 109, 137). Auch über Halsverletzungen, vor allem über das sogenannte Schleudertrauma wird häufig berichtet. Seit der Abhandlung von GAY und ABBOT (36) über "Common Whiplash Injury" erschienen eine Vielzahl von weiteren Veröffentlichungen über die Problematik dieser Verletzung (13, 24, 37, 59, 88, 98, 121).

Mit Thoraxverletzungen beschäftigte sich neben anderen Autoren (39, 62, 95, 125) vor allem VOIGT (108).

Abdominelle Verletzungen werden häufig unter dem Gesichtspunkt einer eventuellen nachteiligen Wirkung des Gurtes betrachtet, wenn er nicht korrekt getragen wurde (5, 62, 63, 106, 126).

GRATTAN (43) und VOIGT (107) arbeiteten über die Verletzungen des Beckengürtels.

Ausserdem wurden die Verletzungen bei einigen Autoren in Abhängigkeit von der Unfallart analysiert. Frontalaufprall (52, 62, 111, 118), Heckaufprall (21, 23, 62, 99) und Seitaufprall (19, 49, 62, 101, 102) bewirken verschiedene Verletzungsbilder.

Ueber die Verletzungen von Insassen, die aus dem Fahrzeug geschleudert wurden, berichten ANDERSON (1), CAMPBELL (14), MILLER (81) und WALZ (115).

Weiterhin liegen Untersuchungen über spezifische Verletzungen bei bestimmten Sitzpositionen vor (8, 62, 119). Es wird die Frage aufgeworfen, ob man aus den Verletzungen eines Insassen auf seine Position im Unfallfahrzeug schliessen kann.

MACKAY (72) betrachtet die Verletzungen und deren Verhütung in Abhängigkeit von den biomechanischen Grössen des menschlichen Körpers.

CHIPMAN (15) und WILLEKE (124) befassen sich mit der stationären Behandlung von Unfallopfern.

2.3. Untersuchungen über den Sicherheitsgurt

Die vermutlich grösste Zahl der Veröffentlichungen in den letzten Jahren befasst sich mit dem Für und Wider des Sicherheitsgurtes. Es wird über klinische Erfahrungen und über die Wirksamkeit des Gurtes berichtet (11, 33, 46, 58, 62, 63, 68, 103, 141).

Gleichzeitig werden auch andere Rückhaltevorrichtungen diskutiert (29, 41, 113).

HARTEMANN (47) sucht nach weiteren Verbesserungsmöglichkeiten bei der Konstruktion des Gurtes.

Ueber die Grenzen der Schutzwirkung berichtet HENDERSON (50).

Ein weiteres Forschungsgebiet bringt der Vergleich von Verletzungen bei angegurteten und nicht angegurteten Insassen (16, 63, 89, 138).

Die schweizerische "UNFALLUNTERSUCHUNG SICHERHEITSGURTEN" (116) analysiert den Nutzen bzw. Schaden bei ca. 300 schweren Unfällen im Jahr 1976. Dabei werden auch Verletzungen, die durch den Sicherheitsgurt entstanden, untersucht. Bemerkenswert ist, dass schwere Gurtverletzungen bei korrekt angelegtem Gurt relativ selten auftreten.

Das sogenannte "Seat Belt Sydrome" wurde erstmals 1962 von GARRETT und BRAUNSTEIN (35) beschrieben. Mit Verletzungen durch den Gurt befassten sich mit zunehmender Anwendung zahlreiche Autoren (22, 45, 70, 73, 85, 94).

Auch Arbeiten über spezielle Verletzungen vor allem der Wirbelsäule (13, 20, 24, 55, 75, 80, 114) und des Abdomens (6, 20, 126) wurden veröffentlicht.

BEIER (8) analysiert Unfälle, bei denen der Gurt nicht zur Verminderung der Verletzungsfolgen beigetragen hat.

MAY (77) untersucht das Verletzungsrisiko bei Verwendung des Gurts und BEHRENS (7) Verletzungen durch fehlerhafte Gurtsysteme.

3. FRAGESTELLUNG

In der vorliegenden Arbeit sollen Verletzungen, die Insassen von Sportwagen erlitten haben, untersucht werden.

Es wurden Unfälle, an denen die Fahrzeugmodelle Porsche 911, 924 und 928 beteiligt waren, in die Analyse einbezogen.

Dabei werden neben Sitzposition und Gurtbenutzung besonders die Abhängigkeit der Verletzungen von der Art der Kollision und dem Beschädigungsgrad der Fahrzeuge berücksichtigt.

Ausserdem wird, sofern möglich, eine Zuordnung der Verletzungen zu den Bauteilen des Fahrzeuginnenraums vorgenommen.

In Zusammenarbeit mit Ingenieuren des HUK-Verbandes in München (Büro für Kfz.-Technik) und dem Entwicklungszentrum der Firma Porsche in Weissach werden Verletzungsursachen seitens der Fahrzeuge gesucht und es soll versucht werden, Vorschläge für die Reduzierung des Verletzungsrisikos zu machen.

Im Vergleich mit anderen aktuellen Untersuchungen (116, 137) soll geklärt werden, ob sich aus den besonderen Konstruktionsmerkmalen eines Sportwagenmodells (V-Kontur, Sitzposition, stark geneigte Windschutzscheibe, Abstand Körperachse zur seitlichen Fahrzeugaussenkontur) und der Befähigung zu hohen Fahrgeschwindigkeiten irgendwelche Konsequenzen für die Verletzungen der Insassen ergeben.

4. BESCHREIBUNG DES BENUTZTEN MATERIALS UND DER METHODE

4.1. Untersuchungsgut

Für die vorliegende Untersuchung wurden in Zusammenarbeit mit dem HUK-Verband und der Firma Porsche 56 Unfälle, bei denen Insassen der Fahrzeugmodelle Porsche 911 (n = 31), 924 (n = 20), und 928 (n = 5) Verletzungen erlitten, ausgewertet. Dabei wurden Unfälle berücksichtigt, die entweder dem HUK-Verband in München im Rahmen seiner Unfallforschungen durch die Autoversicherer (n = 64) oder der Firma Porsche in Weissach über die lokalen Reparaturwerkstätten (n = 24) gemeldet oder der Universität Würzburg aus Zeitungsberichten, vom Rettungsdienst o.ä. bekannt wurden (n = 11).

Zunächst wurden nur Unfälle aufgenommen, bei denen angegurtete Insassen Verletzungen erlitten. Auf Grund der geringen Fallzahl wurde die Untersuchung später jedoch auch auf Unfälle ausgeweitet, bei denen Insassen ohne Gurt nur relativ leicht verletzt wurden.

Von den insgesamt 64 Fällen, die uns vom HUK-Verband mitgeteilt wurden, konnten lediglich 21 in die Untersuchung aufgenommen werden: Bei 4 Fällen waren die Unfallbeteiligten trotz intensiver Bemühungen leider nicht bereit,Angaben zum Unfall oder zu ihren Verletzungen zu machen; bei 39 Fällen wurden uns nur allgemeine Daten (vgl. Tab. 2) mitgeteilt, da sich eine Verletzungsauswertung nach Angaben des HUK-Verbands auf Grund der Unfallumstände nicht als sinnvoll erweisen würde oder keine Insassenverletzung vorlag.

Es konnten also schliesslich 56 Unfälle mit 87 Insassen aus dem Zeitraum zwischen dem 13.6.1976 und dem 13.10.1978 in die Arbeit aufgenommen werden. Dabei liegen 7 Unfälle im Jahr 1976, 30 im Jahr 1977 und 19 im Jahr 1978.

Leider erlaubt die Zahl von 30 ausgewerteten Unfällen im Jahr 1977 keinen Schluss auf die Zahl der Porscheunfälle pro Jahr, da nur ein kleiner Prozentsatz der Unfälle überhaupt gemeldet wird.

Somit lassen sich in der vorliegenden Untersuchung lediglich einige Besonderheiten der Sportwagenunfälle aufzeigen; für eine allgemein gültige Aussage ist die Zahl von 56 Unfällen jedoch zu gering.

4.2. Datenerhebung

In der Zeit von Oktober 1977 bis Oktober 1978 wurden Unfälle mit dem Fahrzeugmodell Porsche aus dem Zeitraum zwischen dem 13.6.1976 und dem 13.10.1978 gesammelt. Die Unfälle ereigneten sich mit einer Ausnahme (Schweiz) im Raum der Bundesrepublik Deutschland. Ein gewisser Schwerpunkt lag dabei im süddeutschen Raum.

Bei den meisten Unfällen des Kollektivs wurden uns über die örtlichen Polizeidienststellen, Rettungsleitstellen oder Reparaturwerkstätten primär Unfalldatum, evtl. Unfallort, Personalien und Adresse der Insassen mitgeteilt. In Einzelfällen war zu Beginn der Untersuchung auch schon das aufnehmende Krankenhaus bzw. der behandelnde Arzt bekannt.

In Zusammenarbeit mit Ingenieuren des HUK-Verbands und der Firma Porsche wurden die Unfälle dann technisch analysiert.

4.2.1. Technische Untersuchung

Für die technische Analyse wurden vom HUK-Verband Schadensakten und Sachverständigengutachten bei den jeweiligen Haftpflichtversicherungen angefordert und die Unfälle dann nach Kollisionstyp und Beschädigungsgrad ausgewertet.

Bei diesen Unfällen lag das Unfalldatum in der Regel schon einige Zeit zurück, so dass eine Besichtigung des Unfallortes und der Unfallfahrzeuge nicht mehr möglich war. Die Auswertung erfolgte daher meist nach Bildern und Polizeiberichten (n = 24, retrospektive Auswertung).

Bei aktuellen Fällen erfolgte die Meldung im allgemeinen wesentlich schneller; das heisst die Unfallfahrzeuge konnten direkt besichtigt und ausgemessen werden (n = 25). Diese Fälle wurden von Ingenieuren der Firma Porsche nach VDI (vgl. 9.4.) ausgewertet.

Bei 12 Fällen liegen Angaben über die Anprallstellen der Insassen im Fahrzeuginnenraum vor.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden, soweit möglich, später noch über den HUK-Verband die Schadensakten der Versicherungen angefordert und nach

der Beschädigungsskala des HUK-Verbands ausgewertet. Von 20 Fällen liegen demnach Beschädigungsgrade nach VDI und HUK vor.

Bei 6 Fällen waren keinerlei Angaben über den Beschädigungsgrad der Fahrzeuge erhältlich; deshalb wurden nur die Verletzungen der Insassen in die Untersuchung miteinbezogen.

4.2.2. Medizinische Untersuchung

Für die medizinische Analyse versuchten wir eine direkte Kontaktaufnahme mit den Unfallopfern über einen Fragebogen (vgl. 9.1.). Darin wurden vor allem persönliche Daten (Grösse, Gewicht, Alter), Verletzungen, behandelndes Krankenhaus, Anlegen und Beschädigung des Gurtes, sowie Besonderheiten des Unfalles erfragt.

Bei Fällen, die trotz mehrmaliger schriftlicher Erinnerung nicht geklärt werden konnten oder bei denen noch Unklarheiten bestanden, erfolgte, wenn möglich, persönliche Kontaktaufnahme per Telefon (n = 25).

Anschliessend wurden die behandelnden Krankenhäuser bzw. Aerzte und Notärzte (bei 65 Verletzten) wiederum über Fragebogen (vgl. 9.2.) um Auskunft über Einzelheiten der Verletzungen ihrer Patienten, Behandlung am Unfallort, während des Transports und in der Klinik, sowie Krankheitsverlauf und Prognose ersucht. Es bestand das Angebot, die Bogen in der Klinik an Hand der Unterlagen selbst auszuwerten (n = 7). Drei Patienten befanden sich zum Zeitpunkt der Auswertung noch in stationärer Behandlung und konnten somit direkt zu ihrem Unfall und ihren Verletzungen befragt werden.

Zur Klärung der tödlichen Verletzungen (n = 12) wurden die an der Unfallstelle eingesetzten Notärzte befragt (n = 7), bzw. Fragebogen an die behandelnden Aerzte gesandt (n = 4). Von je einem Unfallopfer liegen Leichenschaubericht und Obduktionsbefund vor.

Auch bei der Verletzungsanalyse wurden bestehende Unklarheiten fernmündlich ausgeräumt.

4.3. Auswertung

Die Verletzungen wurden nach den in der Unfallforschung gebräuchlichen Skalen AIS (Abbreviated Injury Scale), OAIS (Overall Abbreviated Injury Scale) und ISS (Injury Severity Score) eingeteilt.

Die AIS-Skala (130) reicht von 1 bis 6 und klassifiziert die Verletzungsschwere einzelner Körperbereiche (vgl. 9.3.). Der OAIS-Wert gibt die Gesamtverletzungsschwere an und beinhaltet auch den klinischen Verlauf einschliesslich aller Komplikationen. Auch die OAIS-Skala reicht von 1 bis 6 / 6+, wobei 6+ für eine Verletzung mit tödlichem Ausgang steht (vgl. 9.3):

AIS / OAIS	1	geringfügig
AIS / OAIS	2	mässig
AIS / OAIS	3	schwer (nicht lebensbedrohlich)
AIS / OAIS	4	schwer (lebensbedrohlich)
AIS / OAIS	5	kritisch (überleben unsicher)
AIS / OAIS	6/6+	maximale Verletzungsschwere (kein Ueberleben)/ sofort tödlich

Da die Bewertung der Verletzungsschwere nach OAIS "durch einen traumatologisch geschulten Arzt unter klinisch-prognostischen Gesichtspunkten und sorgfältiger Würdigung der pathophysiologischen Kombinationswirkung der Einzelverletzungen auf den Gesamtorganismus" (76) erfolgen soll und damit in gewissem Masse der Gefahr subjektiver Beurteilung unterliegt, wurde die Gesamtverletzungsschwere zusätzlich nach dem ISS beurteilt, der eine objektive Beurteilung aller Verletzungen ermöglichen soll (141).

Der ISS basiert auf den definierten AIS-Werten der Einzelverletzungen ausser AIS 6. Er wird berechnet, indem man die einzelnen AIS-Werte der drei am schwersten betroffenen Körperbereiche (Kopf und Hals, Gesicht, Brust, Bauch, Extremitäten Körperoberfläche) quadriert und dann addiert:

$$ISS = AIS_1^2 + AIS_2^2 + AIS_3^2$$

Der ISS ist also ein Mass für die primäre Verletzungsausbreitung und -schwere, er beinhaltet nicht die möglichen Komplikationen und den Verlauf dieser Verletzungen. Nach Untersuchungen von BAKER (4) ist Ueberleben bei einem ISS

über 50 sehr unwahrscheinlich.

Die Beschädigungsgrade der Fahrzeuge wurden nach VDI und nach der Beschädigungsskala des HUK-Verbands erstellt (vgl. 9.4. und 9.5.). Für die Gesamtauswertung wurden alle Beschädigungen nach HUK angegeben.

Während der Untersuchung und nach Vorliegen aller Ergebnisse wurde in einem Expertengespräch zusammen mit einem erfahrenen Notarzt eine Beziehung zwischen Unfallart, Beschädigungsgrad der Fahrzeuge und den Verletzungen der Insassen hergestellt.

Dabei wurde vor allem darauf geachtet, mögliche Verletzungsursachen seitens der Fahrzeuge (Anprallstellen im Innenraum) zu finden, um diese durch eventuelle Verbesserungen zu reduzieren und damit die Verletzungsschwere der Insassen zu mindern.

5. ERGEBNISSE

5.1. Allgemeine Daten (Tab. 3)

5.1.1. Beteiligte Fahrzeuge

Abbildung 1 zeigt die Beteiligung der einzelnen Fahrzeugmodelle in den Jahren 1976, 1977 und 1978 am Unfallgeschehen, die in die Untersuchung einbezogen wurden. Es überwiegt entsprechend dem Verbreitungsgrad dieses Sportwagentypus das Modell 911 (Tab. 1).

Die Beschädigungsgrade der Fahrzeuge werden in Abbildung 2 dargestellt. Besonders häufig trat Beschädigungsgrad 3 auf (n_u = 21). Der mittlere Beschädigungsgrad betrug 3,12 (HUK-Skala). Die mittlere Beschädigung lag beim Porsche 911 am niedrigsten (B_m = 3,0) und beim Porsche 928 am höchsten (B_m = 3,4). Für den Porsche 924 ergab sich ein Wert von B_m = 3,22.

5.1.2. Kollisionstypen

Bei 29 Unfällen (52%) unseres Materials war ausser dem Sportwagen kein anderer Verkehrsteilnehmer direkt in die Kollision verwickelt. Es handelte sich um Kollisionen mit festen Hindernissen (Bäume, Masten, Leitplanken, Graben), komplexe Unfallabläufe oder Ueberschläge. Bei 6 Unfällen fand eine Primärkollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer (Motorrad, PKW, LKW, Strassenbahn) statt, die Hauptkollision war jedoch komplex.

In 21 Fällen (38%) kam es zu Kollisionen mit einem anderen PKW:

Rechtsseitige Kollision	(n_u = 2, n_i = 5)
Linksseitige Kollision	(n_u = 4, n_i = 5)
Heckaufprall	(n_u = 5, n_i = 6)
Frontalkollision	(n_u = 10, n_i = 14)

Abbildung 3 zeigt die Häufigkeit der einzelnen Kollisionsarten bei den verschiedenen Fahrzeugmodellen, Abbildung 4 die Beschreibung der Aufprallrichtungen.

Die hohe Zahl von Alleinunfällen, bzw. die geringe Zahl der PKW-PKW-Kollisionen bei unserem Material (Tab. 4) ist wohl hauptsächlich durch die geringe

Beteiligung von Sportwagen am Stadtverkehr zu erklären. Nur 9 Unfälle ereigneten sich innerorts, 31 dagegen ausserorts und 16 auf Autobahnen.

5.1.3. Allgemeine Daten zu den Insassen (n = 87)

An den 56 aufgenommenen Unfällen waren 87 Insassen beteiligt: 62 Männer, 20 Frauen und 5 Kinder. Die Fahrer waren bei 49 Unfällen männlichen Geschlechts und nur bei 7 Unfällen weiblichen Geschlechts.

Die durchschnittliche Fahrzeugbesetzung lag mit 1,55 Insassen pro Fahrzeug unter dem für alle Fahrzeuge errechneten Wert von 1,7 (136, 137), eingedenk der Tatsache, dass es sich primär um einen Zweisitzer handelt.

Bei 28 Unfällen befand sich der Fahrer allein im Fahrzeug, bei 25 Unfällen waren 2 Insassen und bei nur 3 Unfällen ein dritter Insasse im Fahrzeug.

Die Verteilung der Insassen auf die einzelnen Fahrzeugmodelle, einschliesslich Sitzposition und Gurtanlagequote zeigt Tab. 5.

Das mittlere Alter der verunglückten Fahrer betrug 32,9 Jahre. Das durchschnittliche Alter der Porschekäufer liegt bei 37,5 Jahren (140). 48 Fahrer waren zwischen 20 und 40 Jahre alt (86%). Im Vergleich zu andern Untersuchungen (116, 136, 137), bei denen dieser Prozentsatz mit 40 bis 50% deutlich niedriger liegt, zeigt sich hier eine sehr hohe Beteiligung relativ junger Fahrer.

5.1.4. Verletzungen und Behandlung der Fahrzeuginsassen

Von 87 Insassen erlitten 2 keinerlei, 32 leichte (OAIS 1), 14 mittelschwere (OAIS 2), 27 schwere (OAIS 3 bis OAIS 5) und 12 tödliche Verletzungen (OAIS 6 / 6+ (Tab. 6, Abb. 7).

27 Verletzte wurden am Unfallort vom Notarzt behandelt.

Tab. 7 zeigt den Transport der Verletzten mit Rettungshubschrauber (RHS), Notarztwagen (NAW) und Rettungswagen (RTW) in die Klinik.

In Abbildung 5 wird die Behandlung der Unfallopfer im Krankenhaus (n = 42) dargestellt. Von denjenigen Verletzten, die keiner ärztlichen Behandlung zugeführt wurden, starben 8 am Unfallort. Die übrigen waren nur sehr leicht verletzt (OAIS 0 - 1).

Die Dauer der stationären Behandlung zeigt Abbildung 6. Der durchschnittliche Klinikaufenthalt betrug 31 Tage.

20 Insassen wurden keiner ärztlichen Behandlung zugeführt.

Bei 11 Personen waren die Verletzungen nur leicht; 9 Personen verstarben noch am Unfallort.

5.2. Verletzungen aller Insassen (n = 87)

5.2.1. Gesamtverletzungsschwere der Insassen

Abbildung 8 (Tag. 8) zeigt die Gesamtverletzungsschwere der Insassen nach OAIS und ISS. Um einen Vergleich bei der Verletzungsbewertung zwischen den verschiedenen Skalen OAIS und ISS zu ermöglichen, werden in Abbildung 8 statt den Werten für ISS die Werte für Wurzel aus ISS dargestellt. Der ISS-Wert ist definiert als Summe der Quadrate der einzelnen AIS-Werte für die drei am schwersten betroffenen Körperbereiche (vgl. 4.3.).

Die geringste Verletzungsschwere findet man bei Rücksitzinsassen. Von 5 Personen wurde nur eine mittelschwer verletzt (OAIS = 2, ISS = 12). Es handelte sich um ein Kind, das bei einem Frontalaufprall vermutlich durch das Dach des Fahrzeugs geschleudert wurde. Die andern 4 Personen (2 Kinder) erlitten nur leichte Verletzungen (OAIS = 1).

Bei den Insassen auf den Vordersitzen zeigt sich deutlich die Reduktion der Verletzungsschwere durch den Gurt:

Bei angegurteten Insassen liegt die Verletzungsschwere des Beifahrers nach OAIS und ISS insgesamt deutlich über der des Fahrers.

Eine Ausnahme zeigt sich bei Insassen des Porsche 924 (Tab. 8). Hier sind die Fahrerverletzungen (n = 17) schwerer als die Beifahrerverletzungen (n = 7).

Bei nicht angegurteten Insassen (Porsche 911 und Porsche 924) liegt die Verletzungsschwere des Fahrers nach OAIS geringfügig über der des Beifahrers. Bei der Bewertung nach ISS ist die Differenz zwischen den beiden Werten relativ gross.

Bei Insassen im Porsche 911 liegt die Verletzungsschwere des Fahrers ohne Gurt (n_i = 14) nach ISS über der des Beifahrers ohne Gurt (n_i = 7) und nach OAIS unter der des Beifahrers ohne Gurt. Hier zeigt sich besonders deutlich die Problematik der Verletzungsbewertung im Bezug auf eine Auswertung verschiedener, wenn auch eingeführter Skalen.

Im Porsche 924 findet man bei nicht angegurteten Insassen (n_i = 5) nach beiden Skalen höhere Werte für die Verletzungen des Fahrers (n_i = 3) als für die des Beifahrers (n_i = 2).

Bei Ejektion aus dem Fahrzeug zeigt sich erwartungsgemäss das höchste Verletzungsrisiko. Diese Fälle werden später noch im einzelnen betrachtet (vgl. 5.8.).

Auch wenn man den Beschädigungsgrad der Fahrzeuge in die Betrachtung mit einbezieht (Verletzungsschwere nach OAIS bzw. ISS wird durch den Beschädigungsgrad dividiert; Abb. 9, Tab. 9 / 9a), findet man ähnliche Ergebnisse. Die Differenz der Insassenzahlen zwischen Tabelle 8 und Tabelle 9 kommt zustande, da bei 6 Unfällen (11 Insassen) Angaben über den Beschädigungsgrad der Fahrzeuge fehlen. Bei der relativ geringen Zahl der Fälle, bei denen Fahrer (17 bzw. 14) und Beifahrer (9 bzw. 6) nicht angegurtet waren, ist eine allgemeine Aussage etwas problematisch, da neben Aufprallrichtung auch die Kollisionsart in dieser Zusammenstellung vernachlässigt wurde.

Ein Vergleich der Fahrzeugmodelle Porsche 911, 924 und 928 (Tab. 8 und 9) zeigt einen deutlich höheren Schweregrad der Verletzungen bei Insassen im Porsche 911 gegenüber denen im Porsche 924, sowohl im Gesamtvergleich als auch im Vergleich der einzelnen Sitzpositionen. Dass die Unfälle von der Kollisionsschwere her durchaus vergleichbar sind, zeigt Tabelle 9a.

5.2.2. Verletzungen an einzelnen Körperbereichen und ihre möglichen Ursachen

Die in den Abbildungen 10 bis 15 (Tab. 10 - 13) dargestellte Verletzungshäufigkeit und -schwere einzelner Körperbereiche zeigt deren unterschiedliche Gefährdung bei verschiedenen Sitzpositionen und die Reduktion einzelner Verletzungen durch den Sicherheitsgurt.

Die Verletzungshäufigkeiten in den Abbildungen 14 und 15 (Tab. 10 - 12) beziehen sich jeweils auf die Gesamtzahl der Insassen in der jeweiligen Sitzposition.

Am meisten gefährdet sind Kopf und Thorax, vor allem bei nicht angegurteten Insassen.

In Abbildung 16 (Tab. 14) ist der Absolute Traumatisierungsgrad einzelner Körperregionen dargestellt. Er wird aus dem Produkt von Verletzungshäufigkeit und mittlerer Verletzungsschwere des betreffenden Körperbereichs gebildet und zeigt ebenfalls die höchsten Werte für Kopf und Thorax.

Besonders auffällig ist das relativ hohe Verletzungsrisiko für den nicht angegurteten Fahrer im Vergleich zu den übrigen Insassen, vor allem für Kopf, Thorax und Extremitäten.

Tabelle 13 zeigt die Verteilung der Verletzungsschweregrade nach AIS bei den einzelnen Körperregionen für die verschiedenen Sitzpositionen mit und ohne Gurt. Die entsprechenden Beschädigungsgrade sind Tabelle 9a zu entnehmen.

Tabelle 15 zeigt die möglichen Anprallstellen im Fahrzeug, die bei 20 Personen (12 Unfällen) festgestellt wurden. Bemerkenswert ist, dass sich in den meisten Fällen trotz Anwendung des Sicherheitsgurtes ein Kontakt mit Lenkrad und Armaturenbrett nicht vermeiden lässt.

5.2.2.1. Kopfverletzungen

Verletzungen des Kopfes stellen mit 71% und einem Traumatisierungsgrad von T = 149 die häufigste und schwerste Verletzungsart dar.

Besonders gefährdet zeigen sich in unseren Untersuchungen die Fahrer (Tab. 13 und 14). Bei Anwendung des Sicherheitsgurts liegt der Traumatisierungsgrad

bei Fahrer und Beifahrer um ca. 20% niedriger (Abb. 16, Tab. 14). Der Gurt kann jedoch, selbst wenn er korrekt angelegt ist, einen Kopfanprall oft nicht verhindern sondern allenfalls abschwächen. So erklärt sich die Vielzahl der leichteren Kopfverletzungen bei angegurteten Insassen.

Von 17 Fahrern ohne Gurt fanden wir bei 15 eine Kopfverletzung; bei 2 liegen keine sicheren Befunde vor (Tab. 13). 7 Fahrer erlitten nur leichte (AIS 1), 4 mittelschwere (AIS 2), 3 schwere (AIS 3 und 4) und eine Fahrerin sogar tödliche Kopfverletzungen (AIS 6).

Nur bei einem nicht angegurteten Fahrer wurde mit Sicherheit nur ein Thoraxtrauma und eine Schlüsselbeinfraktur aber keine Kopfverletzung beobachtet (Ueberschlag).

Die Verletzungen des anderen nicht angegurteten Fahrers, der bei einer Frontalkollision aus seinem Fahrzeug geschleudert wurde und noch am Unfallort verstarb, sind nicht genau bekannt. Eine Kopfverletzung ist also nicht mit Sicherheit auszuschliessen.

Als Anprallstellen (Tab. 15) für den Kopf kommen vor allem Lenkrad (n = 9) und Armaturenbrett (n = 3), aber auch A- und B-Pfosten, d.h. vordere bzw. hintere Seitenversteifung der Tür ($n_A = 3$, $n_B = 3$) in Frage (Unfallfoto Nr. 4, 5, 8, 12).

Der Einfluss der Windschutzscheibe als Verletzungsursache konnte nicht geklärt werden.

Bei 14 Personen lag eine isolierte Kopf- bzw. Gesichtsverletzung vor. Besonders betroffen waren vor allem Fahrer und Beifahrer bei komplexen Unfällen (AIS 1 - 6) und Beifahrer bei Unfällen mit Ueberschlag (AIS 1 - 4). Eine Reduktion des Verletzungsrisikos durch den Gurt wurde festgestellt.

Am häufigsten fanden wir leichte Schädel- und Gesichtsprellungen (AIS = 1, n = 31). Gehirnerschütterungen (AIS 2 und 3) traten ebenfalls ziemlich oft auf (n = 20). Sie waren im allgemeinen mit Prellungen, Platz-, Riss- oder Quetschwunden kombiniert, so dass man bei den meisten Personen einen Kopfanprall annehmen kann. Gehirnkontusionen (AIS 4 und 5) lagen bei 6 Personen

vor. Bei 2 Verletzten waren sie mit einer Schädelfraktur kombiniert. In einem Fall fand sich zusätzlich ein subdurales Hämatom; der Patient konnte durch eine sofortige Operation gerettet werden (Unfallfoto Nr. 8). Ein anderer Patient erholte sich erstaunlich gut von einer 14-wöchigen Bewusstlosigkeit. Zwei Gehirnkontusionen führten infolge eines reaktiven Hirnödems zum Tod.

Bei den Gesichtsverletzungen dominierten ebenfalls leichtere Verletzungen wie Prellungen, Riss-, Quetsch-, und Schnittwunden.

Nur ein Patient erlitt eine leichte Augenverletzung (Unfallfoto Nr. 8).

Relativ häufig konnten wir jedoch auch Gesichtsschädelfrakturen (n = 9) von unterschiedlicher Schwere und Ausdehnung (Nasenbein-, Kiefer-, Stirnbein-, Keilbein-, Felsenbein-, Jochbogen-, Orbitafrakturen) beobachten. Bei 5 Insassen fanden wir zusätzlich eine Schädelbasis- und/oder -kalottenfraktur.

Drei Verletzte verstarben noch an der Unfallstelle an den Folgen ihres offenen Schädelhirntraumas mit Schädelzertrümmerung (Unfallfoto Nr. 4 und 5), zwei erst nach längerem Klinikaufenthalt an den Folgen ihrer schweren Schädelfrakturen und Hirnverletzungen.

5.2.2.2. Halsverletzungen

Halsverletzungen wurden in 25% der Fälle (n = 21) beobachtet. Sie treffen alle Insassengruppen etwa gleich häufig und gleich schwer (Tab. 13).

Die mittlere Verletzungsschwere nach AIS betrug 2,14.

Bei den Verletzungen handelte es sich fast überwiegend um Verletzungen der Halswirbelsäule.

Nur fünf Personen erlitten Weichteilverletzungen des Halses. Es handelte sich um leichte Prellungen und Schnittwunden.

Bei 8 Personen traten Schleuderverletzungen der HWS mit ihren umgebenden Weichteilen, Bändern und Zwischenwirbelscheiben auf. Diese Verletzung, als Whiplash-Injury, Peitschenschlag-, Hyperflexions- oder Hyperextensionstrauma

bezeichnet, bietet keinen anatomisch oder radiologisch fassbaren Befund (AIS 1). Sie kann jedoch unter Umständen zu langdauernden Beschwerden führen und eine langwierige Behandlung erfordern. Bei der eigentlichen Schleuderverletzung liegt definitionsgemäss kein Kopfanprall vor. Der Verletzungsmechanismus bei plötzlicher Abknickung der HWS führt jedoch zu ähnlichen Verletzungsbildern, auch wenn ein Kopfanprall dabei ist, und ist auch bei Gurtenträgern nicht auszuschliessen. Bei 3 von 7 Insassen mit Gurt fanden wir zusätzlich zum HWS-Syndrom eine Kopfverletzung. Von den nicht angegurteten Insassen erlitt nur eine Beifahrerin ein HWS-Schleudertrauma, allerdings auch mit Kopfanprall.

Auch bei schweren Halswirbelsäulenverletzungen muss ein Schleudermechanismus angenommen werden.

In 8 Fällen lagen Frakturen der Halswirbelsäule vor, 6 mit Kopfanprall. Drei davon betrafen den 1. und 2. Halswirbelkörper und das Rückenmark; sie führten zum sofortigen Tod (Unfallfoto Nr. 1 und 4). Einmal beobachteten wir eine Atlasbogenfraktur ohne Rückenmarksbeteiligung. Je zweimal fanden wir Frakturen des 4. und 5. HWK, bzw. des 2. HWK.

Bei nicht angegurteten Insassen waren sämtliche Verletzungen der Halswirbelsäule (Schleudertraumen und Frakturen) mit einer Kopfverletzung kombiniert.

5.2.2.3. Thoraxverletzungen

Thoraxverletzungen stellen neben den Kopfverletzungen die zweithäufigste Verletzungsart dar (40%).

Auch der Absolute Traumatisierungsgrad liegt mit T = 79 an zweiter Stelle.

In unseren Untersuchungen war der nicht angegurtete Fahrer am meisten gefährdet (Abb. 16, Tab. 13 und 14). Die Anwendung des Sicherheitsgurts kann das Verletzungsrisiko beim Fahrer um etwa 58% reduzieren. Das Verletzungsrisiko für den Beifahrer (T mit Gurt = 93,7; T ohne Gurt = 89,6) liegt etwa zwischen den Werten für Fahrer ohne (T = 135,0) bzw. mit Gurt (T = 57,0). Beim Beifahrer finden sich sogar teilweise vermehrt leichte Thoraxverletzungen, die teilweise durch den nicht korrekt getragenen Gurt verursacht werden.

Ein Vergleich mit den Anprallstellen im Fahrzeug ergibt, dass Thoraxverletzungen hauptsächlich durch Kontakt mit Lenkrad oder Armaturenbrett verursacht werden (Tab. 15).

Angegurtete Fahrer erlitten besonders häufig leichte Prellungen (n = 13), die wohl teilweise auch durch den Gurt verursacht wurden. Nur in einem Fall fanden wir eine Einzelrippenfraktur, die vermutlich ausschliesslich durch den Gurt entstand. Der Aufprall bei diesem Unfall war jedoch so stark, dass vermutlich ohne Gurt weit schwerere Verletzungen aufgetreten wären (Unfallfoto Nr. 12).

Bei einem Unfallopfer ergab die Obduktion neben beidseitigen Rippenserienfrakturen eine Herz- und Lungenkontusion. Es konnte nicht endgültig geklärt werden, welche Verletzungen durch die Reanimation des Verletzten am Unfallort und welche durch den Unfall selbst verursacht wurden (Unfallfoto Nr. 2).

Ein angegurteter Fahrer zog sich Frakturen des 5. und 6. Brustwirbelkörpers jedoch ohne Rückenmarksbeteiligung zu.

Bei den angegurteten Beifahrern sind Verletzungen im Bereich des Gurtes häufiger festzustellen. Nur drei Insassen erlitten leichte Thoraxprellungen. Bei mindestens drei Personen fanden wir Rippenfrakturen, die mit grosser Wahrscheinlichkeit durch den Sicherheitsgurt verursacht wurden (der Beschädigungsgrad der Fahrzeuge lag bei 3 bzw. 4). In je einem Fall lag zusätzlich eine Herz- bzw. Lungenkontusion vor. Ein Beifahrer zog sich Frakturen des 8. und 9. Brustwirbelkörpers ohne Rückenmarksbeteiligung zu. Eine Beifahrerin erlitt eine schwere Thoraxquetschung mit Rippenserienfrakturen und einer Luxation des Sternoclaviculargelenks.

Bei den nicht angegurteten Insassen zeigt sich ein vielfältiges Bild von Thoraxverletzungen. Schwere Verletzungen sind beim Fahrer häufiger. Bei den Beifahrern beobachteten wir überwiegend Prellungen (n = 2) und Rippenfrakturen (n = 3). Bei den Fahrern fanden wir häufiger Rippenfrakturen. Zusätzlich wurden Lungenkontusionen mit Hämatothorax und eine Sternumfraktur mit retrosternalem Hämatom festgestellt.

Bei zwei tödlich Verunglückten wurde eine massive Thoraximpression diagnostiziert; da keine Obduktion vorgenommen wurde, lassen sich keine näheren

Angaben über die Art der Thoraxverletzungen machen (Unfallfoto Nr. 5 und 6).

5.2.2.4. Abdominelle Verletzungen

Verletzungen des Abdomens beobachteten wir nur bei 21% der Insassen (Tab. 14). Jedoch liegt die mittlere Verletzungsschwere mit 2,44 relativ hoch. Der Absolute Traumatisierungsgrad beträgt T = 51,3. Bauchverletzungen entstehen häufig durch unsachgemäss angelegte Sicherheitsgurte, Submarining oder durch direkte Gewalteinwirkung über das Lenkrad oder eingedrungene Karosserieteile.

Wir fanden bei vier Insassen (drei angegurtete Frontpassagiere, ein Kind auf dem Rücksitz) leichte Prellungen bzw. stumpfe Traumen (AIS 1).

Schwerere Verletzungen (ab AIS 3) traten bei 10 Insassen auf (Tab. 12). In zwei Fällen (Fahrer mit Gurt) lag eine isolierte Nierenverletzung (einseitig, je einmal rechts und links), in einem Fall (Fahrer mit Gurt) eine isolierte Milzruptur vor. Bei zwei Insassen (Fahrer ohne Gurt), die noch an der Unfallstelle verstarben, wurde zusätzlich zum Thoraxtrauma (vgl. 5.2.2.3) ein schweres abdominelles Trauma diagnostiziert (Unfallfoto Nr. 5 und 6). Da jedoch keine Obduktion stattfand, liessen sich keine Einzelheiten über die inneren Verletzungen in Erfahrung bringen.

Bei zwei Insassen wurde mit grosser Sicherheit ein schweres abdominelles Trauma durch den Sicherheitsgurt verursacht. Leider konnte nicht geklärt werden, ob der Gurt korrekt angelegt war:

1. Ein Fahrer erlitt u.a. Dünndarmrupturen und mehrfache Mesenterialeinrisse. In wieweit bei diesem Unfall eingedrungene Fahrzeugteile als Verletzungsursache eine zusätzliche Rolle spielen, lässt sich schwer sagen (Unfallfoto Nr. 11).

2. Eine Beifahrerin erlitt Leber-, Magen-, Nieren- und Pankreasverletzungen, ausserdem eine LWS-Fraktur mit Querschnitt ab L_2. In diesem Fahrzeug konnten auf der Beifahrerseite keinerlei Anprallstellen festgestellt werden. Die Verletzte verstarb nach 80tägigem Klinikaufenthalt an den Folgen ihrer Verletzungen (Unfallfoto Nr. 3).

Bei beiden Unfällen war der Aufprall jedoch so stark und die Beschädigung des Fahrzeugs so gross (B = 5), dass man wohl annehmen kann, dass die Verletzungen

ohne Gurt kaum geringer gewesen wären.

5.2.2.5. Beckenverletzungen

Verletzungen des Beckens beobachteten wir bei drei Personen. Ein Insasse erlitt eine leichte Prellung durch den Gurt. Eine Fahrerin ohne Gurt wurde bei einem Frontalaufprall zwischen Karosserieteilen ihres Fahrzeugs eingeklemmt. Sie erlitt neben zahlreichen anderen Verletzungen auch eine Beckenfraktur und verstarb noch an der Unfallstelle (vgl. 5.7.1; Unfallfoto Nr. 5).

Ein nicht angegurteter Fahrer zog sich eine Beckenkammfraktur zu, als er aus seinem Fahrzeug geschleudert wurde.

5.2.2.6. Rückenverletzungen

Bei zwei Personen fanden wir eine leichte Rückenprellung. In einem Fall erlitt ein Fahrer, der aus seinem Fahrzeug geschleudert wurde, Schürfwunden im Bereich des gesamten Rückens.

Verletzungen der Brustwirbelsäule beobachteten wir bei drei Insassen (vgl. 5.2.2.3.).

Vier Personen erlitten Frakturen der Lendenwirbelsäule, zwei davon mit Rückenmarksbeteiligung.

Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule scheinen bei Ejektion (n_{Ei} = 15) besonders häufig zu sein (n = 3).

5.2.2.7. Verletzungen der oberen Extremitäten

Der Traumatisierungsgrad der oberen Extremitäten liegt mit T = 31 (rechts) bzw. T = 39,6 (links) relativ niedrig (Abb. 16). Beim Fahrer ist die linke, beim Beifahrer die rechte Seite wesentlich stärker betroffen. Die Reduktion der Verletzungsschwere durch den Sicherheitsgurt beträgt beim Fahrer zahlenmässig ca. 50% während beim Beifahrer, der nur in Einzelfällen derartige Verletzungen erlitt, keine Schutzwirkung des Gurtes erkennbar ist. Das Verletzungsrisiko der oberen Extremität rechts wird dagegen beim Fahrer und Beifahrer gleichmässig um ca. 50 - 60% reduziert.

Viele Gurtenträger erlitten leichte Schulterprellungen durch den Gurt; daher der hohe Anteil leichter Prellungen der linken oberen Extremität beim Fahrer, bzw. der rechten oberen Extremität beim Beifahrer (Tab. 13).

Bei unseren Untersuchungen fanden wir 16 leichte Verletzungen (Prellungen, Schürfungen etc.) des linken Armes beim angegurteten Fahrer. Beim nicht angegurteten Fahrer traten häufiger einfache und komplizierte Frakturen (AIS 2 und AIS 3) eines oder beider Arme auf, die sich teilweise durch Abstützversuche beim Aufprall erklären lassen. Viele nicht angegurtete Insassen zogen sich ihre Armverletzungen zu, als sie aus dem Fahrzeug geschleudert wurden. Der Traumatisierungsgrad der Armverletzungen bei Ejektion liegt besonders hoch (Tab. 30).

In zwei Fällen wurden Schlüsselbeinfrakturen beobachtet. Eine davon trat bei einem angegurteten Fahrer auf der linken Seite in Kombination mit einer Sprengung des Schultergelenks auf (Unfallfoto Nr. 12).

Bei zwei Fahrern, die aus ihrem sich überschlagenden Fahrzeug geschleudert wurden, trat eine Schulterblattfraktur auf. Verletzungen der Hand fanden wir bei Fahrer und Beifahrer etwa gleich häufig. Es handelte sich überwiegend um Prellungen, Schürfungen und Schnittverletzungen; nur bei einer nicht angegurteten Beifahrerin fanden wir eine Mittelhandfraktur.

5.2.2.8 Verletzungen der unteren Extremitäten

Der Absolute Traumatisierungsgrad der unteren Extremitäten liegt mit T = 44,3 (rechts) und T = 35,1 (links) geringfügig über (rechts) bzw. unter (links) dem der oberen Extremitäten. Die mittlere Verletzungsschwere liegt allerdings bei den unteren Extremitäten höher.

Die Beine des Fahrers sind wesentlich stärker gefährdet als die des Beifahrers (Tab. 13 und 14). Beim Fahrer lässt sich eine deutliche Minderung der Verletzungsschwere und -häufigkeit durch den Gebrauch des Sicherheitsgurtes nachweisen (Tab. 13 und 14), unter anderem auch deshalb, weil das Verletzungsrisiko bei Ejektion aus dem Fahrzeug besonders hoch ist (Tab. 30).

Verletzungsursachen stellen vor allem Armaturenbrett, Pedale und eingedrückte Bodenbleche dar (Tab. 15, Unfallfoto Nr. 5, 6,7, 11 und 12).

Verletzungen der unteren Extremitäten wurden nie isoliert beobachtet; die Kombination mit Verletzungen anderer Körperbereiche zeigt Tabelle 17.

Bei 6 Personen fanden wir leichte Prellungen oder Weichteilverletzungen im Bereich eines oder beider Beine. Knieverletzungen (Prellungen, Weichteilverletzungen und Distorsionen) traten nur bei 8 Insassen auf. Ebenfalls bei 8 Insassen lag eine Unterschenkelfraktur vor, bei 7 Personen beobachteten wir eine Oberschenkelfraktur. Die Fakturen waren einfach bis kompliziert und teilweise auch mit ausgedehnten Weichteilverletzungen kombiniert. Ausgedehnte Trümmerfrakturen fanden wir bei drei Insassen (Fahrer; Unfallfoto Nr. 5, 6, 11). Ausserdem beobachteten wir nur bei Fahrern Prellungen (n = 2), Distorsionen (N = 4) und Frakturen (n = 2) im Bereich des Fusses.

5.2.3. Mehrfachverletzungen und Verletzungskombinationen

Verletzungen mehrerer Körperbereiche traten bei 72% aller Insassen unseres Untersuchungsgutes auf. Wie Abbildung 17 (Tab. 16) zeigt, fanden wir Verletzungen von nur einem oder zwei Körperbereichen bevorzugt bei angegurteten Insassen. Verletzungen von drei und mehr Körperregionen beobachteten wir hauptsächlich bei Insassen, die keinen Gurt getragen hatten, und vor allem bei den Insassen, die aus dem Fahrzeug geschleudert wurden. Fahrer erleiden häufiger Mehrfachverletzungen als Beifahrer.

Die Verletzungskombinationen der einzelnen Körperbereiche untereinander sind in Tab. 17 dargestellt.

Kopfverletzungen kommen relativ häufig isoliert vor (N = 14), aber auch in Kombination mit Verletzungen anderer Körperbereiche, besonders des Thorax und/oder der Extremitäten.

Die Verletzungskombination Kopf - Thorax tritt bei nicht angegurteten Fahrern (n_i = 17, n_v = 7 - davon in 6 Fällen Ejektion) weitaus häufiger auf als bei angegurteten Fahrern (n_i = 39, n_v = 7). Bemerkenswert erscheint, dass die Schwere der Thoraxverletzungen durch den Gurt beträchtlich reduziert wurde (AIS_m 2,86 bzw. 1,57), die der Kopfverletzungen jedoch nicht (AIS_m 2,86 für Fahrer mit und ohne Gurt). Die Kollisionsschwere war für beide Insassen etwa gleich. Bei angegurteten Beifahrern (n_i = 17) fanden wir nur zweimal die

Kombination von Kopf- und Thoraxverletzung (AIS_m = 3 für Kopf und Thorax). Nicht angegurtete Beifahrer (n_i = 9) erlitten dagegen viermal diese Verletzungen (Kopf: AIS_m 1,5; Thorax: AIS_m 1,25); die Kollisionsschwere war bei den Unfällen der nicht angegurteten Beifahrer geringer.

Ein Zusammenhang dieser Verletzungskombination mit der Unfallart wurde nicht beobachtet.

Halsverletzungen traten dreimal isoliert, sonst hauptsächlich zusammen mit Kopf- und/oder Thoraxverletzungen bzw. mit Verletzungen der oberen Extremitäten auf.

Solitäre Thoraxverletzungen fanden wir nur bei drei Insassen (Fahrer mit Gurt, Beifahrer mit und ohne Gurt). Sonst beobachteten wir meist zusätzlich Kopf- und Extremitätenverletzungen. Auch Verletzungen des Abdomens waren meist mit Kopf-, Thorax- und/oder Extremitätenverletzungen kombiniert.

Extremitätenverletzungen kamen fast nie isoliert vor (n = 1), sondern immer zusammen mit Verletzungen anderer Körperregionen.

5.3. Vergleich von Verletzungen bei Porsche 911 und 924

Der Vergleich von Einzelverletzungen der Insassen bei den verschiedenen Fahrzeugmodellen ist bei der geringen Fallzahl recht problematisch. Bei den Modellen Porsche 911 und 924 ist er durch die äquivalente Zahl von angegurteten Fahrern (n = 17) und Beifahrern (n = 7) noch erlaubt. Auch die Kollisionsarten der Unfälle sind durchaus vergleichbar. Ein Vergleich mit Tabelle 9a zeigt, dass die Unfälle von der Kollisionsschwere (Fahrer mit Gurt, Beifahrer mit Gurt) fast identisch sind.

Für die angegurteten Insassen im Porsche 911 und 924 wurde der Absolute Traumatisierungsgrad (AIS_m x % Häufigkeit) berechnet.

Um auch einen Vergleich zwischen Fahrer und Beifahrer zu ermöglichen, wurde der Absolute Traumatisierungsgrad anschliessend durch den jeweils entsprechenden mittleren Beschädigungsgrad dividiert.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 18 dargestellt.

Auffallend ist, dass der Absolute Traumatisierungsgrad bei Insassen des Porsche 911 für Kopf, Thorax und untere Extremität meist beträchtlich über dem der Insassen des Porsche 924 liegt.

Bei Halsverletzungen liegen die Werte für Fahrzeuginsassen beider Modelle etwa gleich hoch.

Bei der Verletzungsanalyse der einzelnen Fahrzeugmodelle fällt bei den Halsverletzungen ein erhöhtes Risiko für den Fahrer im Vergleich zum Beifahrer auf, das sich bei der Gesamtbetrachtung (Abb. 16, Tab. 14) von allen Modellen auf Grund einer tödlichen Halsverletzung eines angegurteten Beifahrers im Porsche 928 (AIS 6) nicht gezeigt hat.

Verletzungen der oberen Extremitäten scheinen als einzige Verletzungsart bei Insassen des Porsche 924 häufiger aufzutreten.

5.4. Verletzungsschwere der Insassen in Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad der Fahrzeuge

Die durchschnittliche Verletzungsschwere aller Insassen (n_i = 76) nach OAIS und ISS in Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad der Fahrzeuge nach HUK zeigt Abbildung 18. Die Angaben für die einzelnen Sitzpositionen enthält Tabelle 19a und b.

Geringfügige Abweichungen vom Erwartungswert bei den einzelnen Sitzpositionen lassen sich durch die unterschiedliche Aufprallrichtungen und Kollisionstypen bei der geringen Zahl der Fälle erklären.

Erwartungsgemäss steigt die Verletzungsschwere zwischen Beschädigungsgrad 1 und 2 und zwischen Beschädigungsgrad 4 und 5 überdurchschnittlich stark an. Bei Beschädigungsgrad 1 liegt noch keine Innenraumdeformation vor; das heisst, hauptsächlich gefährdet sind die nicht angegurteten Insassen, es traten jedoch bei unseren beiden Insassen auch nur leichte Verletzungen auf. Bei Beschädigungsgrad 5 (n_u = 9) entstehen schwerste Schäden an der Fahrgastzelle;

oftmals wird der Ueberlebensraum so gering, dass auch die Anwendung des Sicherheitsgurtes keine Hilfe mehr bieten kann.

Tabelle 19c/d enthält die OAIS-Werte von angegurteten und nicht angegurteten Insassen zu den entsprechenden Beschädigungsgraden der Fahrzeuge.

Die tödlichen Verletzungen bei B = 2 lassen sich folgendermassen erklären:

1. Eine nicht angegurtete Beifahrerin erlitt bei einer rechtsseitigen Kollision im Bereich der Fahrgastzelle einen hohen Querschnitt der Halswirbelsäule und verstarb noch an der Unfallstelle (Unfallfoto Nr. 1).

2. Ein angegurteter Fahrer kam von der Fahrbahn ab, das Fahrzeug streifte einen Baum und überschlug sich (Unfallfoto Nr. 2). Die Zeit bis zum Beginn der Ersten Hilfe konnte nicht festgestellt werden. Der Notarzt stellte bei seinem Eintreffen Herz- und Kreislaufstillstand fest. Eine sofortige Reanimation des 37jährigen Fahrers war zunächst erfolgreich; der Verletzte verstarb jedoch nach eintägigem Klinikaufenthalt an zentralem Herz-Kreislaufversagen. Die Obduktion ergab ein stumpfes Thoraxtrauma, das jedoch auch Folge der Reanimation sein könnte, und Zeichen eines Hirnödems. Die Vermutung liegt nahe, dass der primäre Kreislaufstillstand infolge zu langer Rettungszeit durch eine Hypoxie bedingt war.

Die tödlichen Verletzungen einer Beifahrerin bei Beschädigungsgrad 4 sind vermutlich durch einen nicht korrekt getragenen Gurt und nicht durch die eigentlichen Schäden am Fahrzeug verursacht, da auf der Beifahrerseite im Fahrzeuginnenraum keinerlei Anprallstellen festgestellt wurden, die derart schwere Thorax- und Abdomenverletzungen verursachen könnten (Unfallfoto Nr. 3).

Die tödlichen Verletzungen bei Beschädigungsgrad B = 5 sind durch den hohen Beschädigungsgrad der Fahrgastzelle zu erklären (Unfallfoto Nr. 4 und Nr. 5).

Erstaunlich sind die beiden leichten Verletzungen bei Beschädigungsgrad 5, zumal es sich bei diesem Unfall um eine rechtsfrontale Kollision mit einer Strassenbahn (2 Uhr) handelte. Die nicht angegurtete Beifahrerin, ein zehnjähriges Mädchen, wurde beim Aufprall in den Fond des Porsche geschleudert,

wo sich ein weiterer Insasse befand. Beide Personen erlitten nur Prellungen (OAIS 1); der Fahrer zog sich unter anderem schwere Frakturen im Bereich des rechten Armes und Beines zu (OAIS 3).

Beschädigungen des Fahrzeuginnenraumes konnten leider nur bei 12 Unfällen ($n_i = 20$) untersucht werden.

Bei Frontpassagieren spielen vor allem Lenksäule, Lenkrad und Armaturenbrett eine bedeutende Rolle als Verletzungsursache (Tab. 15).

5.5. Beschädigungsgrade der Fahrzeuge bei verschiedenen Kollisionsarten

Wie bereits oben erwähnt, konnten bei einigen Unfällen ($n_u = 6$) die Beschädigungsgrade der Fahrzeuge nicht bestimmt werden. Tabelle 20 zeigt die mittleren Beschädigungsgrade der Fahrzeuge unseres Untersuchungsgutes bei bestimmten Kollisionsarten: Rechtsseitiger Aufprall ($n_u = 2$, $n_i = 5$), Linksseitiger Aufprall ($n_u = 4$, $n_i = 5$), Heckaufprall ($n_u = 4$, $n_i = 4$), Frontalkollision ($n_u = 12$, $n_i = 20$), Komplexer Unfall ($n_u = 18$, $n_i = 28$).

Der Wert für komplexe Unfälle liegt mit $B_m = 3{,}5$ besonders hoch. Bei 6 Unfällen trat hier Beschädigungsgrad 5 (starke Innenraumdeformation) auf. Auch bei Frontalkollisionen fanden wir zweimal B = 5, B_m lag bei 3,2. Ueberschläge verursachen überwiegend mittleren Beschädigungsgrad B = 3 ($n_u = 8$); nur in einem Fall wurde B = 5 bestimmt (Unfallfoto Nr. 6).

Die Beschädigungsgrade für rechtsseitige und linksseitige Kollisionen sowie für den Heckaufprall sind wegen der geringen Fallzahlen schwer zu beurteilen und wohl kaum repräsentativ.

5.6. Verletzungen der Insassen bei den verschiedenen Kollisionsarten

5.6.1. Traumatisierungsgrad bei verschiedenen Kollisionsarten

Der Gesamtschaden der Verletzungen bei den verschiedenen Kollisionsarten wird mit Hilfe des Traumatisierungsgrades beschrieben. Er setzt sich aus der Summe der Gesamtverletzungsschwere nach ISS aller Insassen, die bei den jeweiligen Kollisionsarten verletzt wurden, zusammen.

Die Insassenverteilung bei den einzelnen Kollisionsarten zeigt Tabelle 21.

Bei unserem Untersuchungsgut fanden wir das weitaus grösste Verletzungsrisiko beim komplexen Unfall (T_K = 547). Mit einigem Abstand folgen die Werte für Ueberschlag (T_U = 233) und Frontalaufprall (T_F = 175). Die Werte für die übrigen Kollisionsarten liegen etwa gleich hoch in einem weitaus niedrigeren Bereich (T_{RS} = 36, T_{LS} = 47, T_H = 45) (vgl. Tab. 22). Auch die mittlere Verletzungsschwere der Insassen nach ISS liegt bei komplexen Unfällen am höchsten.

5.6.2. Gesamtverletzungsschwere der Insassen bei verschiedenen Kollisionsarten

Um die Werte der Gesamtverletzungsschwere bei den unterschiedlichen Kollisionsarten besser vergleichen zu können, bzw. um Unterschiede bei der Kollisionsschwere, die in verschiedenen mittleren Beschädigungsgraden bei den einzelnen Kollisionsarten zum Ausdruck kommen (Tab. 20), zu eliminieren, wurden die Summen der Gesamtverletzungsschweren nach OAIS und ISS bei den einzelnen Sitzpositionen und der jeweiligen Kollisionsart durch die Summen der entsprechenden Beschädigungsgrade dividiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 23 dargestellt.

Bei dieser Zusammenstellung zeigt sich besonders deutlich die Problematik der Verletzungsbewertung nach fixen Skalen.

Bei der Auswertung nach ISS (Tab. 23) fanden wir eine Zunahme der Verletzungsschwere von Frontalunfällen über Unfälle mit Ueberschlägen bis zu den komplexen Unfällen.

Die Klassifizierung nach OAIS (Tab. 23) zeigt nur relativ geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Kollisionsarten. Hier liegt jedoch die Gesamtverletzungsschwere beim Frontalaufprall relativ niedrig; dann folgen die Werte für Heckaufprall, Ueberschlag, komplexen Unfall und schliesslich für rechtsseitige Kollisionen. Man muss allerdings beachten, dass die geringen Fallzahlen bei rechtsseitiger ($n_i = 5$), linksseitiger ($n_i = 5$) Kollision und beim Heckaufprall ($n_i = 6$) das Gesamtbild sehr verzerren können (vgl. 5.4.).

Betrachtet man nur die Kollisionsarten frontal, Ueberschlag und komplex, so stimmt die Reihenfolge bei beiden Auswertungen überein.

5.6.3. Verletzungsmuster bei verschiedenen Kollisionsarten

Um die einzelnen Verletzungen bei den verschiedenen Kollisionsarten besser vergleichen zu können, werden in Tabelle 21 die Insassenverteilung mit und ohne Gurt, in Tabelle 20 die Beschädigungsgrade der Fahrzeuge und in Tabelle 24 und 25 die Einzelverletzungen abgestuft nach verschiedenen AIS-Schweregraden dargestellt.

Beim rechtsseitigen, linksseitigen und beim Heckaufprall ist eine Bewertung der Verletzungen auf Grund der geringen Fallzahlen recht problematisch. Es soll versucht werden, die Verletzungsverteilungen bei Einzelfällen zu erklären.

Die Schwere der Einzelverletzungen für den Frontalaufprall, den Ueberschlag und den komplexen Unfallablauf wird in Abbildung 19 dargestellt.

5.6.3.1. Verletzungen beim rechtsseitigen Aufprall

Bei unseren Untersuchungen fanden wir nur zweimal eine rechtsseitige Kollision.

Bei beiden Unfallfahrzeugen wurde Beschädigungsgrad 2 festgestellt (Tab. 20; Unfallfoto Nr. 1).

Vier Insassen (je ein angegurteter und nicht angegurteter Fahrer und 2 Kinder auf dem Rücksitz) erlitten nur leichte Verletzungen (OAIS 1) von Kopf, Hals, Thorax, Abdomen und unterer Extremität. Eine nicht angegurtete Beifahrerin erlitt neben leichten Schürfungen auf der rechten Gesichtsseite eine tödliche Halswirbelsäulenverletzung (Tab. 24; Unfallfoto Nr. 1).

5.6.3.2. Verletzungen beim linksseitigen Aufprall

Einen Aufprall auf der linken Fahrzeugseite beobachteten wir bei vier Unfällen.

Den Beschädigungsgrad der Fahrzeuge zeigt Tabelle 20.

Bei den stosszugewandten Insassen (1 nicht angegurteter, 3 angegurtete Fahrer) traten überdurchschnittlich häufig schwere Verletzungen der unteren Extremitäten - besonders links - auf (Unfallfoto Nr. 7).

Der nicht angegurtete Fahrer zog sich beim Sturz aus seinem Fahrzeug u.a. eine Atlasbogenfraktur ohne Rückenmarkverletzung zu.

Eine angegurtete Beifahrerin (Beschädigungsgrad des Fahrzeugs B = 4) erlitt mittelschwere Kopfverletzungen (ausgedehnte Weichteilverletzungen und Commotio) (Tab. 24).

5.6.3.3. Verletzungen beim Heckaufprall

Bei fünf Unfällen lag ein Heckaufprall vor.

Der Beschädigungsgrad lag bei allen Unfällen ($n_u = 4$) relativ niedrig (B = 2), in einem Fall konnte er nicht ermittelt werden. Alle Fahrzeuge waren mit Kopfstützen ausgestattet.

Bei den angegurteten Fahrern (n = 4, allein im Fahrzeug) fanden wir relativ häufig Halsverletzungen.

Ein nicht angegurteter Fahrer erlitt schwere Kopfverletzungen und eine komplizierte Fraktur des linken Armes. Seine ebenfalls nicht angegurtete Beifahrerin zog sich vermutlich beim Sturz aus dem Fahrzeug eine Schädel- und Thoraxprellung sowie eine Fraktur der rechten Mittelhand zu.

5.6.3.4. Verletzungen beim Frontalaufprall

Bei 10 Unfällen handelte es sich um Frontalkollisionen ($n_i = 14$).

Insassenverteilung und Beschädigungsgrad der Fahrzeuge sind Tabelle 20 und 21 zu entnehmen.

Die Aufprallrichtungen war bei 4 Unfällen 12 Uhr und bei 6 Unfällen 11 Uhr (Unfallfoto Nr. 5 und 8).

Die Insassen erlitten erstaunlicherweise keine Halsverletzungen. Wir fanden insbesondere Verletzungen von Kopf, Thorax, Abdomen und Extremitäten (vorwiegend untere Extremität) (Tab. 24 und 25).

Ein angegurteter Fahrer erlitt eine schwere Schädel-Hirn-Verletzung mit subduralem Hämatom (B = 5, Aufprallrichtung 11 Uhr; Unfallfoto Nr. 8). Der Beifahrer bei diesem Unfall zog sich lediglich leichte Prellungen zu.

Eine nicht angegurtete Fahrerin, die vollkommen zwischen Karosserieteilen ihres völlig zertrümmerten Fahrzeugs eingeklemmt war, verstarb noch am Unfallort an den Folgen ihres offenen Schädel-Hirn-Traumas. Sie erlitt jedoch u.a. auch schwerste Thorax- und Abdominalverletzungen sowie multiple Extremitätenfrakturen, die tödlich waren (B = 5, Aufprallrichtung 11 Uhr; Unfallfoto Nr. 5) (vgl. 5.7.).

Bei beiden schweren Kopfverletzungen konnte ein Kopfanprall am Lenkrad nachgewiesen werden.

Bei angegurteten Insassen beobachteten wir häufig leichte Prellungen der rechten bzw. linken Schulter, im Thorax- und Beckenbereich, die durch den Sicherheitsgurt verursacht wurden.

5.6.3.5. Verletzungen beim Ueberschlag

Unfälle mit Ueberschlagen des Fahrzeugs fanden wir bei 13 Fällen (n_i = 21).

Sitzposition und Beschädigungsgrad der Fahrzeuge zeigen Tabelle 20 und 21 (Unfallfoto Nr. 6, 9, 10).

Das Ejektionsrisiko liegt für Unfälle mit Ueberschlag besonders hoch. Von 8 Insassen ohne Gurt (5 Fahrer, 2 Beifahrer, 1 Person auf dem Rücksitz) wurden 5 aus ihrem Fahrzeug geschleudert; von 13 angegurteten Insassen kein einziger.

Wir beobachteten bei dieser Kollisionsart überdurchschnittlich häufig schwere Verletzungen von Thorax, Abdomen und oberen Extremitäten (Tab. 24 und 25).

Bei genauer Analyse zeigt sich jedoch, dass die schweren Verletzungen überwiegend bei nicht angegurteten Insassen auftraten (Ejektion! vgl. 5.8.).

Angegurtete Insassen erlitten meist relativ leichte Verletzungen. Nur bei zwei angegurteten Beifahrern fanden wir schwere Gesichtsschädelverletzungen (B = 3; Unfallfoto Nr. 9 und 10). Eine angegurtete Beifahrerin zog sich eine schwere Thoraxquetschung mit Luxation des Sternoclaviculargelenks zu.

5.6.3.6. Verletzungen beim komplexen Unfall

Komplexe Unfallabläufe fanden wir relativ häufig (n_u = 22, n_i = 36).

Es handelte sich im allgemeinen um Alleinunfälle mit Anprall auf festen Hindernissen (Bäume, Leitplanken, Masten, Randstein o.ä.; Unfallfoto Nr. 2, 3, 4, 11, 12). Es kamen jedoch auch komplexe Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern vor: PKW (n_u = 3), LKW (n_u = 1), Strassenbahn (n_u = 1).

Eigentlich müsste man die Unfälle nach Aufprallrichtung und Art der Kollision nochmals unterteilen, um die Verletzungen der Insassen genau beurteilen zu können. Dies ist leider bei der geringen Fallzahl nur schwer möglich.

Bei den meisten Unfällen (n_u = 8, n_i = 11) lag der Aufprall im Frontbereich (Unfallfoto Nr. 3, 11, 12). Die Kollision mit einem schmalen Hindernis (Baum; Unfallfoto Nr. 3 und 11) verursachten besonders schwere Verletzungen.

Linksseitigen Anprall fanden wir in vier Fällen. In je drei Fällen erfolgte der Aufprall auf der rechten Fahrzeugseite bzw. im Bereich des Hecks. Bei vier Unfällen konnte die Aufprallrichtung nicht geklärt werden.

Die Beschädigungsgrade der Fahrzeuge lagen relativ hoch. Bei 6 Unfällen fanden wir B = 5 (Tab. 20; Unfallfoto Nr. 4, 11, 12).

Die Insassenverteilung zeigt Tabelle 21.

Besonders auffällig ist die hohe Rate an schweren Kopfverletzungen beim komplexen Unfall, und zwar auch bei angegurteten Insassen. Ein angegurteter Fahrer (B = 5, Aufprallrichtung 11 Uhr - Baum) erlitt eine schwerste Gehirnquetschung mit 14wöchiger Bewusstlosigkeit (OAIS = 5).

Ein ebenfalls angegurteter Fahrer, der auf der Autobahn bei hoher Geschwindigkeit mit der linken Breitseite seines Fahrzeuges gegen das Heck eines stehenden LKWs prallte, verstarb noch an der Unfallstelle an den Folgen eines offenen Schädel-Hirn-Traumas (B = 5, Aufprallrichtung 9 Uhr).

Insgesamt starben bei komplexen Unfällen 4 Insassen (3 angegurtete Fahrer, 1 nicht angegurteter Beifahrer) an ihren Kopfverletzungen (Unfallfoto Nr. 2 und 4).

Tödliche Halsverletzungen fanden wir bei zwei Insassen (1 Beifahrer - Unfallfoto Nr. 4 - und ein Fahrer mit Gurt).

Auch schwere Verletzungen des Abdomens traten relativ häufig auf. Es handelte sich zumindest bei zwei Insassen vermutlich um Verletzungsfolgen bei nicht korrekt angelegtem Gurt (vgl. 5.2.2.4.; Unfallfoto Nr. 3 und 11).

Bei angegurteten Fahrern (n = 17) lagen in vier Fällen ausgedehnte Frakturen der rechten unteren Extremität (Unfallfoto Nr. 3, 11, 12) vor. In allen Fällen handelte es sich um Kollisionen mit einem Baum; die Aufprallrichtung war je zweimal 12 Uhr und zweimal 1 Uhr. Der Beschädigungsgrad der Fahrzeuge lag zwischen 3 und 5.

5.7. Tödliche Verletzungen

Zwölf Fahrzeuginsassen (= 14%) verstarben an den Folgen ihrer Verletzungen; 8 noch am Unfallort, 2 Patienten am 1. Tag und 2 weitere nach 28 bzw. 80tägigem Klinikaufenthalt.

Tabelle 26 zeigt das Risiko für tödliche Verletzungen bei den verschiedenen Sitzpositionen in unserem Untersuchungsgut. Die entsprechenden Beschädigungsgrade enthält Tabelle 27.

Besonders gross ist das Risiko für tödliche Verletzungen beim nicht angegurteten Beifahrer; von insgesamt 9 Beifahrern ohne Gurt starben 2, einer bei einer rechtsseitigen (Unfallfoto Nr. 1) und einer bei einer komplexen Kollision (Schädel-Hirn-Trauma, hoher Querschnitt).

Bei zwei Unfällen (komplex) wurden beide Insassen getötet (B = 5; Unfallfoto Nr. 4).

5.7.1. Todesursachen

Als Todesursachen fanden wir bei unserem Untersuchungsgut vor allem Kopfverletzungen (n = 5), Halswirbelsäulenverletzungen (n = 3) und Polytraumen (n = 3).

Kopfverletungen waren überwiegend (n = 4) offene Schädel-Hirn-Traumen.

Als Anprallstellen kam einmal die Lenksäule in Betracht (Frontalaufprall 11 Uhr; Unfallfoto Nr. 3). Neben den tödlichen Kopfverletzungen erlitt diese nicht angegurtete Fahrerin schwerste Thorax- und Abdominalverletzungen (Impression) sowie multiple Frakturen im Bereich sämtlicher Extremitäten. Die Anwendung des Sicherheitsgurtes hätte hier wahrscheinlich auch keine Reduktion der Verletzungsschwere gebracht, da die Fahrerin völlig zwischen eingedrungenen Karosserieteilen eingeklemmt war und erst nach einiger Zeit von der Feuerwehr aus den Trümmern ihres Fahrzeugs befreit werden konnte.

Eine Schädelverletzung zog sich ein Fahrer zu, als er mit der Breitseite seines Fahrzeugs auf das Heck eines LKW prallte (vgl. 5.6.3.6.).

Die Ursachen von zwei offenen Kopfverletzungen konnten nicht geklärt werden.

Ein weiterer Patient verstarb nach Reanimation an der Unfallstelle und eintägigem Klinikaufenthalt an den Folgen seiner Gehirnquetschung und nachfolgenden Hirnödems. Die Obduktion erbrachte keine eindeutige Todesursache (evtl. Hypoxiefolge durch zu lange Rettungszeit; vgl. 5.4.; Unfallfoto Nr. 2).

Die Ursachen der tödlichen Halswirbelsäulenverletzungen konnten nicht geklärt werden. Sie traten zweimal bei komplexen Unfallabläufen auf (je ein Fahrer und Beifahrer mit Gurt; Unfallfoto Nr. 4). Eine nicht angegurtete Beifahrerin verstarb nach rechtsseitiger Kollision infolge eines hohen Querschnitts (vgl. 5.6.3.1.; Unfallfoto Nr. 1).

Bei den Polytraumatisierten fanden wir eine tödliche Verletzung vermutlich durch den Sicherheitsgurt (vgl. 5.2.2.4.; Unfallfoto Nr. 3).

Ein Insasse wurde beim Aufprall (komplexer Unfall) aus dem Fahrzeug geschleudert. Er erlitt neben schweren Kopf-, Thorax- und Halsverletzungen drittgradige Verbrennungen des Kopfes, Halses, Thorax, Rückens und der oberen Extremitäten durch Kontakt mit dem brennenden Motorblock des Fahrzeugs.

Der Leichenschaubericht über einen nicht angegurteten Fahrer, der beim Ueberschlag aus seinem Fahrzeug geschleudert wurde, ergab schwere Thorax- und Abdomenverletzungen sowie multiple offene Frakturen beider Beine. Einzelheiten über die inneren Verletzungen, die zum Tode führten, sind nicht bekannt (Unfallfoto Nr. 6).

5.7.2. Häufigkeit tödlicher Verletzungen bei den verschiedenen Fahrzeugmodellen

Die Häufigkeit der tödlichen Verletzungen bei den verschiedenen Fahrzeugmodellen zeigt Tabelle 27.

Das geringste Risiko fanden wir bei Insassen des Porsche 924. Nur ein nicht angegurteter Insasse, der beim Ueberschlag aus seinem Fahrzeug geschleudert wurde, verstarb an seiner Polytraumatisation (vgl. 5.7.1.; Unfallfoto Nr. 6).

Im Porsche 911 erlitten 9 Insassen ($n_i = 49$), im Porsche 928 2 Insassen - Fahrer und Beifahrer mit Gurt - ($n_i = 5$) tödliche Verletzungen (Unfallfoto Nr. 4).

5.8. Ejektion

15 Insassen wurden während des Unfalls aus ihrem Fahrzeug geschleudert. Das Ejektionsrisiko ist für nicht angegurtete Insassen ($n_i = 26$, $n_{iE} = 12$) besonders hoch (42%).

Allerdings wurden auch zwei Beifahrer trotz des Sicherheitsgurtes aus dem Fahrzeug geschleudert. In beiden Fällen lag der Beschädigungsgrad der Fahrzeuge jedoch bei B = 5 (Unfallfoto Nr. 11).

Die Gefahr der Ejektion bei den einzelnen Sitzpositionen zeigt Tabelle 28.

5.8.1. Gesamtverletzungsschwere bei Ejektion

Die Verletzungsschwere der Insassen bei Ejektion im Vergleich zu den übrigen Unfällen liegt sowohl bei der Bewertung nach OAIS als auch bei der Bewertung nach ISS wesentlich über dem Durchschnitt.

5.8.2. Einzelverletzungen bei Ejektion

Den Absoluten Traumatisierungsgrad einzelner Körperbereiche bei Ejektion im Vergleich zu allen Verletzungen zeigt Tabelle 30. Herausgeschleuderte Insassen erleiden überdurchschnittlich häufig Verletzungen mehrerer Körperbereiche (Abb. 17).

Für alle Körperbereiche ausser für den Hals liegen die Werte für Verletzungsschwere und -häufigkeit über dem Durchschnitt. Besonders gross ist das Risiko für Kopf, Thorax- und Wirbelsäulenverletzungen (BWS, LWS).

Zwei Personen erlitten ausserdem Verbrennungen.

Drei Insassen verstarben auf Grund ihres Polytraumas, das sie sich bei der Ejektion aus dem Fahrzeug zuzogen.

5.8.3. Ejektionsrisiko bei verschiedenen Kollisionsarten

Das Ejektionsrisiko ist beim Ueberschlag besonders gross (29%). Von 7 nicht angegurteten Insassen wurden 5 aus dem Fahrzeug geschleudert. Alle angegurteten Insassen blieben im Fahrzeug.

6. DISKUSSION

Die Untersuchung der Unfälle mit Sportwagen am Beispiel der Fahrzeugmodelle Porsche 911, 924 und 928 zeigt einige Besonderheiten gegenüber allen übrigen Verkehrsunfällen mit Personenkraftwagen. Auch zwischen den einzelnen Fahrzeugmodellen lassen sich gewisse Unterschiede aufzeigen.

Die hohe Anzahl des Porsche 911 bei den erfassten Unfällen erklärt sich durch seine grössere Verbreitung, da dieses Modell bisher am längsten auf dem Markt ist. Beim Unfallgut der Jahre 1977 und 1978 zeigt sich eine zunehmende Beteiligung der Modelle 924 und 928 (Tab. 1). Die Ursache für den relativ geringen Anteil des Porsche 928 am Verkehr und am Unfallgeschehen dürfte wohl in der späteren Entwicklung und in der höheren Exklusivität dieses Modells begründet sein.

Bei den Insassen zeigt sich eine vergleichsweise (136, 137) geringe Besetzung der Fahrzeuge; nur selten befanden sich mehr als 2 Personen im Fahrzeug, nur bei 4 Unfällen waren Personen auf dem Rücksitz. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, dass der Rücksitz im Sportwagen nur als Notsitz gedacht ist und vor allem bei längeren Fahrten für Erwachsene doch recht unbequem sein kann.

Erstaunlich ist die sehr hohe Rate (52%) von Unfällen, bei denen ausser dem Porsche kein anderes Fahrzeug an der Kollision beteiligt war, auch wenn man berücksichtigt, dass bei einigen Unfällen evtl. andere Fahrzeuge den Unfallablauf beeinflusst haben könnten. Dieses Ergebnis scheint sportwagenspezifisch zu sein; auch bei den Unfalluntersuchungen des HUK-Verbandes (130, 132), die über weit grösseres Datenmaterial verfügen, findet sich eine relativ zur Verkehrsbeteiligung (1,1%) erhöhte Unfallrate der Sportwagen beim Unfalltyp E: Abkommen von der Fahrbahn (1,9%).

Die Statistik zeigt einen Zusammenhang dieses Unfalltyps mit dem Lebensalter des Fahrers und seiner Fahrpraxis. Das durchschnittliche Alter der verunglückten Fahrer liegt mit 32,9 Jahren vergleichsweise niedrig (116, 131, 136, 137) und ca. 5 Jahre unter dem durchschnittlichen Alter der Porschekäufer.

Als Unfallursache wird beim Abkommen von der Fahrbahn in 73,5% Verlust der

Fahrzeugbeherrschung durch an die Verkehrs-, Strassen- oder Witterungsverhältnisse unangepasst hohe Geschwindigkeiten angegeben. Eine schwer abschätzbare Zahl von Unfällen hänge auch mit der Freude am schnellen Fahren, zum Teil in Verbindung mit der Lust am Wagnis zusammen (129, 130, 132, 133).

Alleinunfälle ereignen sich im Gegensatz zu anderen Unfallarten häufiger ausserorts und besonders häufig auf Autobahnen (130). Auch LANGWIEDER (62) findet eine erhebliche Differenz beim Anteil der Alleinunfälle zwischen Unfällen innerorts (21,7%) und ausserorts (49,8%).

Bei unserem Untersuchungsgut konnte nicht eindeutig geklärt werden, ob die hohe Rate von Alleinunfällen fahrer-, fahrzeug- oder einsatzortcharakteristisch ist. Vermutlich spielen alle Faktoren zusammen: Das durchschnittliche Fahreralter liegt relativ niedrig, die Fahrzeuge befähigen zu hohen Geschwindigkeiten und die Beteiligung der Sportwagen am Stadtverkehr ist relativ gering.

Die Untersuchungen des HUK-Verbandes (129, 132, 133) zeigen weiterhin eine überdurchschnittlich hohe Beteiligung der Sportwagen an den Unfalltypen A und D: Ueberholen (1,7%) und Verletzung des Rechtsfahrgebotes (1,5%).

Dieses Ergebnis lässt sich schlecht mit unseren Untersuchungen vergleichen; da die Rekonstruktion der Unfallursachen sich oftmals als sehr schwierig erwies und die Unfallursache im allgemeinen auch keinen Einfluss auf die Insassenverletzung hat, wurden hier keine näheren Einzelheiten in die Untersuchung aufgenommen. Diese Unfalltypen fallen bei unseren Untersuchungen entweder unter die PKW-PKW-Kollisionen und werden dort nach Aufprallrichtung aufgeschlüsselt oder unter die Alleinunfälle (Ueberschlag oder komplexer Unfallablauf), sofern andere Verkehrsteilnehmer nicht direkt beteiligt waren.

Unfälle im Stadtverkehr sind bei unserem Untersuchungsgut mit nur 9 Fällen (16%) deutlich unterrepräsentiert.

Die Angaben in der Literatur für die Unfallorte schwanken beträchtlich (116, 131, 136). Ein Vergleich zeigt jedoch trotzdem eine erheblich höhere Rate der Sportwagenunfälle ausserorts (31 Unfälle = 55%) und ganz besonders auf Autobahnen (16 Unfälle = 29%). Um dieses Ergebnis bewerten zu können, müsste man die Anzahl der Unfälle eigentlich in Beziehung zu den auf dem jeweiligen

Strassenabschnitt gefahrenen Kilometern setzen. Darüber liegen uns jedoch keine Angaben vor. Es erscheint aber durchaus wahrscheinlich, dass Sportwagen überwiegend im Ueberlandverkehr und nur relativ selten im Kurzstrekken- und Stadtverkehr eingesetzt werden.

Die Gurtanlegequote scheint bei unserem Material mit 64% relativ hoch (131). Allerdings zeigen sich beträchtliche Unterschiede beim Verhalten der Insassen der verschiedenen Fahrzeugmodelle. Im Porsche 911 legten nur 49% (24 von 49 Insassen), im Porsche 924 dagegen 83% (24 von 29 Insassen) und im Porsche 928 sogar alle Insassen (n = 8) den Sicherheitsgurt an.

Man könnte daraus schliessen, dass die Gurtanlegequote in letzter Zeit (Porsche 924, 928) angestiegen ist, seit vermehrt Automatikgurte angewandt werden, die einen höheren Komfort bieten. Es liegen keine Angaben vor, ob in den Unfallfahrzeugen, in denen verletzte Insassen keine Gurte trugen, Statik- oder Automatikgurte eingebaut waren.

Dieses Ergebnis ist allerdings sehr kritisch zu bewerten, da es sich bei unserem Untersuchungsgut um eine nicht repräsentative Fallauswahl handelt. Es wurden zunächst nur Unfälle gesammelt, bei denen angegurtete Insassen Verletzungen erlitten (vgl. 4.1.).

Dass es sich bei unserem Material um eine Auswahl relativ schwerer Fälle handelt, zeigt auch ein Vergleich mit den Fahrzeugbeschädigungen anderer Untersuchungen (116, 131, 136, 137). Wir fanden einen hohen Anteil schwerbeschädigter Fahrzeuge, die demzufolge auch hohe Innenraumbeschädigungen aufwiesen. Angaben über die zugehörigen Kollisionsgeschwindigkeiten liegen leider nicht vor. Erstaunlich ist trotz grosser Fahrzeugschäden die Konzentration der Verletzungen auf die OAIS-Werte 1 bis 3, die insgesamt 73,5% der Verletzten ausmachen. Die Ergebnisse des HUK-Verbandes (62, 131, 136, 137, 138) zeigen noch häufiger unverletzte und leichtverletzte Insassen. Bei unserem Patientengut finden wir bedingt durch die höhere Anzahl von schweren und tödlichen Verletzungen eine deutlich höhere Gesamtverletzungsschwere der Insassen entsprechend der Negativauslese des Materials.

Grundsätzlich erscheint ein Vergleich der Gesamtverletzungsschwere bei verschiedenem Unfallmaterial nur sinnvoll, wenn man den Zusammenhang mit dem

Beschädigungsgrad der Fahrzeuge, dem Kollisionstyp und der Sitzposition der Insassen berücksichtigen kann (141).

Einen Einfluss auf die Prognose der Verletzungen hat die Erste Hilfe und der Transport durch den Rettungsdienst, da hier entscheidende Weichen für ein Ueberleben gestellt werden können.

Der Transport der Verletzten in die Klinik erscheint bei einigen Unfällen der Verletzungsschwere der Insassen nicht angemessen. Eine leicht verletzte Person (OAIS 1) wurde mit dem Rettungshubschrauber, 13 schwer und sogar 2 lebensgefährlich verletzte Insassen entweder überhaupt nicht vom Rettungsdienst oder nur mit dem Rettungswagen ohne notärztliche Versorgung in die Klinik transportiert. Die Gründe hierfür und die Auswirkungen auf den Heilungsverlauf können in diesem Rahmen nicht erörtert werden, lassen aber Rückschluss auf weitere Verbesserungen zu.

Die Versorgung der Verletzten in der Klinik (n = 42) erforderte grösstenteils eine Operation. Amerikanische und deutsche Untersuchungen (15, 124) zeigen einen höheren Anteil konservativer Behandlungsmethoden und eine um fast zwei Drittel geringere mittlere Dauer der stationären Behandlung bei Verkehrsunfallopfern. Die Vermutung liegt nahe, dass auch hier wiederum die Negativauslese unseres Materials die Unterschiede bedingt.

Bei unserem Patientengut fanden wir die geringste Verletzungsschwere bei Rücksitzinsassen. Auch die Untersuchungen des HUK-Verbandes (16, 136) zeigen bei fast 90% der Rücksitzpassagiere keine oder nur leichte Verletzungen. Die geringe Zahl der Insassen auf dem Rücksitz bei unserem Untersuchungsgut lässt keine allgemein gültige Aussage zu (n = 5).

Bei den angegurteten Frontpassagieren fanden wir in Uebereinstimmung mit anderen Untersuchungen (62, 116, 136, 137, 138) ein höheres Verletzungsrisiko für den Beifahrer. Die Wirkung des Sicherheitsgurtes ist beim Fahrer wesentlich grösser als beim Beifahrer (138). Sie hängt zu einem grossen Teil davon ab, ob der Gurt korrekt, d.h. straff angelegt ist. Die Bewegungsenergie des Beifahrers wird im allgemeinen nur durch den Gurt aufgenommen; daher spielt der Faktor "Gurtlose" hier eine grössere Rolle. Beim Fahrer muss man Abbremsungsvorgänge durch Lenkrad und Armaturenbrett bei der Verletzungsentstehung mitberücksichtigen.

Abweichende Ergebnisse fanden wir bei Insassen des Porsche 924. Hier scheinen auch bei angegurteten Insassen die Verletzungen des Fahrers geringfügig schwerer als die des Beifahrers. Dieses Ergebnis könnten jedoch bei der relativ geringen Fallzahl dadurch zustande kommen, dass sich bei besonders schweren Unfällen nur eine Person im Fahrzeug befand, bzw. sofern ein Beifahrer im Fahrzeug war, der Aufprall überwiegend auf der Fahrerseite erfolgte (11 Uhr).

Bei nicht angegurteten Frontpassagieren liegt die mittlere Verletzungsschwere bei unserem Material für den Fahrer höher als für den Beifahrer. Die Differenz der Verletzungsschwere zeigt sich besonders bei der Bewertung nach ISS. Dies könnte für eine höhere Zahl von Mehrfach- oder Kombinationsverletzungen beim nicht angegurteten Fahrer sprechen.

Sowohl bei angegurteten als auch bei nicht angegurteten Insassen weist die Verletzungsschwere einen deutlichen Zusammenhang mit dem Beschädigungsgrad der Fahrzeuge auf.

Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse muss man berücksichtigen, dass weder Verletzungsschwere noch Beschädigungsgrad lineare Grössen sind. Durchschnittswerte sind deshalb nur als Vergleichswerte innerhalb der jeweiligen Tabelle anzusehen. Ferner ist zu beachten, dass die Beschädigung nicht nach VDI ausgewertet werden konnte, da bei einer grossen Zahl von Fällen nur ungenügende Angaben vorlagen. Der Wert für die Beschädigung nach HUK gibt nur einen vergleichsweise gröberen Anhalt über die Fahrzeugdeformation; insbesondere muss bei unseren Untersuchungen auf Grund der geringen Fallzahlen der Einfluss der Lokalisation der Beschädigung vernachlässigt werden. Vergleiche von Verletzungen können exakt nie nur auf Grund der Fahrzeugbeschädigung durchgeführt werden, sondern erfordern zumindest die Erstellung der Geschwindigkeitsänderung in frontalen Kollisionen (62). Einzelfälle, bei denen genauere Angaben über die Fahrzeugbeschädigungen bekannt und für die Insassenverletzungen von Bedeutung waren, wurden in 5.4. beschrieben.

Bei Beschädigungsgrad 4 und 5 fanden wir wohl auf Grund der hohen Innenraumdeformation keine herausragende Wirkung bei der Anwendung des Sicherheitsgurtes. Nach WALZ (116) ist die Unversehrtheit der Fahrgastzelle für die Wirksamkeit von Sicherheitsgurten von ausschlaggebender Bedeutung. Dennoch ist die Reduktion der Verletzungsschwere selbst bei höchsten Fahrzeugdeformationen unbestritten.

Die grösste Wirkung zeigt der Gurt auch bei unserem Untersuchungsgut bei Beschädigungsgrad 3 (58). Die Wucht des Aufpralls ist bereits so stark, dass ohne Gurt bereits schwere und lebensgefährliche Verletzungen entstehen können. Der Grad der Innenraumdeformation schränkt den Ueberlebensraum der Insassen noch nicht gravierend ein.

Die Anprallstellen im Fahrzeuginnenraum konnten bedauerlicherweise nur bei 12 Unfällen (20 Insassen) untersucht werden. Doch schon bei dieser geringen Fallzahl zeigt sich die überragende Bedeutung von Lenkrad und Armaturenbrett für die Verletzungsentstehung.

Ueber die Verletzungsmechanik und die vielfältigen Verletzungsmöglichkeiten durch Lenkradaufprall (Kopf, Thorax, Abdomen, Extremitäten) berichten zahlreiche Autoren (10, 17, 38, 42, 61, 90). Um diese Verletzungen zu reduzieren, werden u.a. Verbesserungen bei der Konstruktion der Lenksäule, des Lenkrads und des Armaturenbretts bzw. des gesamten Frontbereichs vorgeschlagen (10, 17, 42, 61, 66, 74, 83, 87, 90, 122, 141). Minderung der Verletzungsschwere durch nachgiebigere Frontgestaltung der Fahrzeuge wird diskutiert (136, 137).

Weiterhin werden Versuche unternommen, durch noch besserere und sicherere Rückhaltesysteme, die optimal auf den Fahrzeuginnenraum abgestimmt sein sollten, die Aufprallgefahr zu verringern (27, 29, 48, 50, 58, 64, 67, 103, 113, 116, 138, 141).

Bei Schrägfrontal- und Seitkollisionen spielen vor allem A- und B-Pfosten, die in den Fahrzeuginnenraum verschoben wurden, eine beträchtliche Rolle. Sie können neben Kopfverletzungen auch Verletzungen von Thorax, Abdomen, Becken und Extremitäten verursachen. Als Sicherheitsmassnahme werden vor allem strukturelle Veränderungen der Seitenflächen genannt, um eine grössere Stabilisierung der Fahrgastzelle zu erreichen (137, 141).

Die Fahrzeugbeschädigungen und Verletzungen bei den verschiedenen Kollisionsarten weisen beträchtliche Unterschiede auf. Auch hier dienen die Mittelwerte wieder lediglich als Vergleichswerte im Rahmen unseres Untersuchungsgutes. Eine Beurteilung ist eigentlich nur für Frontalunfälle, Unfälle mit Ueberschlag und komplexe Kollisionen möglich. Bei den anderen Unfällen musste auf Grund der geringen Fallzahl eine Betrachtung der einzelnen Unfälle erfolgen.

Diese Verteilung der Kollisionsarten weicht erheblich von denen der übrigen Untersuchungen ab (60, 62, 112, 116, 118, 131, 136). Dort nämlich spielen Frontalkollisionen die grösste Rolle. Ueberschläge und komplexe Unfälle (Alleinunfälle) sind bei unserem Untersuchungsgut deutlich überrepräsentiert und beeinflussen daher die Ergebnisse bei den Verletzungsverteilungen der Insassen.

Die Beurteilung der Ergebnisse bei Seit- und Heckkollisionen erscheint auf Grund der Fallzahl etwas problematisch.

Bei Seitkollisionen fanden wir in Uebereinstimmung mit anderen Autoren (49, 60, 62, 101, 102, 112, 116, 118, 136) eine besondere Gefährdung der stossseitigen Insassen durch Intrusion, die allerdings durch den Sicherheitsgurt beträchtlich reduziert werden kann. Im Gegensatz zu diesen Untersuchungen beobachteten wir überdurchschnittlich häufig Verletzungen der Halswirbelsäule (3 Schleudertraumen, 2 Frakturen) und keine Häufung von Verletzungen von Kopf, Thorax, Abdomen und Becken. Der stossnahe Insasse erlitt häufiger Frakturen der unteren Extremitäten durch deformierte Bodenbleche.

Heckkollisionen sind selten und verursachen geringe Fahrzeugschäden (60, 62, 110, 112, 131, 136). Die Energie beim Aufprall ist im allgemeinen relativ gering. Demzufolge sind auch die Insassenverletzungen nicht allzu schwer. Andere Autoren (21, 23, 60, 62, 98, 99, 112, 116, 131, 136) beobachteten ein besonderes Risiko für Halswirbelsäulenverletzungen bei Auffahrunfällen, das jedoch durch die Anwendung von Kopfstützen und Sicherheitsgurt beträchtlich reduziert werden könne. Bei unseren Verletzten fanden wir je einmal ein Schleudertrauma und eine Fraktur. Beide Insassen waren angegurtet und durch Kopfstützen geschützt.

Frontalkollisionen, insbesondere winklige (11 Uhr, 1 Uhr) verursachen häufig schwere Fahrzeugdeformationen und Verletzungen (18, 60, 62, 110, 112, 116, 118, 131, 136). Verletzungsgefahr besteht besonders durch in den Innenraum verschobene Lenksäulen und durch Intrusion des A-Pfostens (17, 18). In Uebereinstimmung mit anderen Untersuchungen beobachteten wir häufig schwere Kopf-, Thorax-, Abdomen- und Beinverletzungen. Zahlreiche Autoren beobachten eine Vielzahl von schweren Halswirbelverletzungen (60, 62, 75, 131, 136); bei unseren Patienten traten erstaunlicherweise überhaupt keine Halsverletzungen auf.

Ueberschlagsunfälle, die bei Sportwagen überdurchschnittlich oft vorkommen, verursachen meist Rundumschäden mit Dachdeformationen. Selbst häufige Ueberschläge führen meist nur zu vergleichsweise geringen Fahrzeugschäden. Dadurch, dass das Fahrzeug auf einer langen Wegstrecke und während einer langen Zeit verzögert wird, treten keine Kraftspitzen auf.

Die Häufigkeit und Schwere von Kopfverletzungen zeigt insbesondere bei angegurteten Insassen keine Auffälligkeiten. Die geringere Höhe der Sportwagen scheint sich nicht bemerkbar zu machen. Häufig fanden wir mittelschwere und schwere Verletzungen von Thorax, Abdomen, Wirbelsäule und Armen. Der Sicherheitsgurt reduziert die Verletzungsschwere besonders deshalb so stark, weil er die Ejektion der Insassen verhindert (1, 14, 48, 54, 58, 81, 112, 115, 116, 131).

Verletzungen von Kopf, Thorax, Brust- und Lendenwirbelsäule sowie Extremitäten traten bei Ejektion überdurchschnittlich häufig und schwer auf; der Traumatisierungsgrad für Halsverletzungen lag erstaunlicherweise sogar leicht unter dem Durchschnitt von allen Unfällen.

Komplexe Unfälle verursachen die höchsten Fahrzeugschäden. Auch andere Autoren (62, 131, 136, 137) finden bei Kollisionen mit festen Hindernissen (Bäumen, Masten) sehr häufig extreme Deformationen der Fahrgastzellen, da die Energie beim Aufprall meist nur von einem kleinen Teil des Fahrzeugs absorbiert werden muss. Die Unfallrekonstruktion erweist sich oft als sehr schwierig, da viele Faktoren den Kollisionsablauf beeinflussen (120). Auf Grund der verschiedenen Aufprallrichtungen lässt sich auch keine einheitliche Linie bei den Verletzungen feststellen.

Auffällig ist der hohe Prozentsatz von schweren Kopfverletzungen auch bei angegurteten Insassen; die Schutzwirkung des Gurtes erscheint bei dieser Kollisionsart häufig auf Grund hoher Fahrzeugdeformationen nicht ausreichend. Ein Vergleich mit dem gesamten Unfallgeschehen ist schwierig, da komplexe Unfälle auf Grund der geringeren Anzahl dort überwiegend bei den jeweiligen Aufprallrichtungen der PKW-PKW-Kollisionen eingeordnet wurden. Es wird berichtet, dass vor allem Unfälle mit schmalen, festen Hindernissen besonders schwere und häufig tödliche Verletzungen verursachen (60, 62, 116, 120, 131, 136, 141).

Die im Vergleich zum allgemeinen Unfallgeschehen veränderte Häufung einzelner Kollisionsarten mit ihren spezifischen Verletzungsmustern (141) und die charakteristischen Konstruktionsmerkmale der Sportwagen wie geringe Höhe, stärker geneigte Windschutzscheibe und gestreckte Beinhaltung (140) führen u.a. zu einem Gesamtverletzungsbild, das einige Abweichungen, aber auch sehr viele Gemeinsamkeiten mit anderen Untersuchungen aufweist.

Andere Autoren kamen zu folgenden Ergebnissen:
Das grösste Verletzungsrisiko ergibt sich bei allen Insassen für den Kopf, danach folgen Thorax-, Abdomen- und Extremitätenverletzungen (25, 31, 40, 62, 63, 110, 116, 126, 131, 136, 137).

Der nicht angegurtete Beifahrer erleidet ausser an den Händen an allen anderen Körperteilen häufiger Verletzungen als der Fahrer (8, 63).

Die Wirkung des Sicherheitsgurtes spielt bei der Reduktion von Verletzungen einzelner Körperbereiche eine unterschiedlich grosse Rolle. Kopfverletzungen werden am stärksten, bei Fahrer und Beifahrer um ca. 75% reduziert (62, 63). Das Risiko für Thorax- und Abdomenverletzungen sinkt beim Fahrer stärker als beim Beifahrer. Beim Beifahrer finden sich sogar evtl. vermehrt leichte Verletzungen dieser Körperbereiche, die meist durch den nicht korrekt getragenen Gurt verursacht werden. Extremitätenverletzungen nehmen beim Beifahrer stärker ab, da beim Fahrer ein erhöhtes Verletzungsrisiko durch Lenkrad und -säule und Armaturenbrett vorliegt (11, 14, 33, 62, 65, 89, 137, 138). Halsverletzungen werden zwar bei Gurtenträgern relativ häufiger beobachtet; die Zahl der schweren Verletzungen wird jedoch vermindert (80, 112, 113, 116). Typische Verletzungen durch den Gurt sind Rippen-, Schlüsselbein- und Brustbeinfrakturen, ferner stumpfe Bauchverletzungen mit Beteiligung von Leber, Milz, Magen, Darm, Mesenterium und Bauchspeicheldrüse (6, 20, 22, 32, 35, 45, 63, 70, 73, 77, 85, 94, 106, 113, 126, 127).

Durch die unterschiedlichen Reduktionsquoten der Verletzungen an den einzelnen Körperbereichen verändert sich das Verletzungsbild angegurteter Insassen grundsätzlich. Es treten zusätzlich zu den Kopfverletzungen, die immer noch die häufigste und schwerste Verletzungsfolge darstellen, relativ häufiger Thorax- und Abdomenverletzungen auf (vor allem beim Beifahrer). Besonders auffällig erscheint die Reduktion des Verletzungsrisikos beim Beifahrer für die unteren Extremitäten (62, 63, 112, 116, 136, 138).

Innerhalb unserer Untersuchungen spielten ebenfalls die Kopfverletzungen neben denen von Thorax, Extremitäten, Hals und Abdomen die grösste Rolle.

Sie traten jedoch im Vergleich zu anderen Untersuchungen wie auch schwere Verletzungen von Hals und leichte Verletzungen der oberen Extremitäten häufiger auf.

Im einzelnen ergaben sich folgende Besonderheiten für die Verletzungen der verschiedenen Körperbereiche:

Das Risiko für Kopfverletzungen liegt beim Fahrer etwas höher als beim Beifahrer. Der Sicherheitsgurt reduziert vor allem schwere Kopfverletzungen (ab AIS 2) besonders beim Fahrer um ca. 20%. Das hohe Verletzungsrisiko beim Fahrer dürfte seine Ursache in der relativ geringeren Höhe und der stärker geneigten Windschutzscheibe haben. Die Anwendung des Sicherheitsgurtes kann die Wucht des Kopfanpralls an der Windschutzscheibe bzw. am Lenkrad zwar abschwächen, jedoch je nach Aufprallrichtung und Fahrzeugdeformation nicht ganz verhindern wie auch andere Untersuchungen (10, 17, 38, 51, 62, 90, 97, 116) zeigen.

Erstaunlich ist, dass bei unserem Material nur eine Person (Fahrer mit Gurt, Aufprall 11 Uhr) eine leichte Augenverletzung erlitt.

Besonders häufig beobachteten wir schwerste und tödliche Kopfverletzungen bei Frontalkollisionen mit Beschädigung von Lenkrad und Lenksäule und bei seitlichen Kollisionen mit Verschiebung des A- oder B-Pfostens in den Fahrzeuginnenraum (52, 62, 80, 100, 109, 141).

Halsverletzungen aller Schweregrade traten bei unserem Untersuchungsgut nicht überdurchschnittlich häufig auf; es zeigt sich jedoch eine Häufung von Halswirbelsäulenfrakturen (AIS 3 - 6), vor allem bei Seit- und Heckkollisionen. Das Risiko für Halswirbelsäulenverletzungen hängt in hohem Masse von der Aufprallrichtung und dem Bewegungsablauf der Insassen während des Unfalls ab (13, 24, 36, 37, 55, 75, 80, 88, 98, 114, 121).

Es handelte sich überwiegend um Folgen von Schleudermechanismen, die bei allen Insassengruppen mit und ohne Gurt etwa gleich häufig und schwer vorkamen. Bemerkenswert ist, dass sämtliche nicht angegurteten Insassen zusätzlich zum

Schleudertrauma eine Kopfverletzung erlitten. Bei angegurteten Insassen fanden wir auch reine Schleuderverletzungen ohne Kopfanprall (Whiplash-Injury). Bei der Beurteilung der Häufigkeit von HWS-Verletzungen ohne Kopfanprall muss man allerdings berücksichtigen, dass leichte Kopfverletzungen (kleine Kopfschwartenhämatome, Platzwunden) manchmal nicht protokolliert werden, besonders wenn sie zusammen mit schweren Verletzungen anderer Körperbereiche auftreten. So erscheint es doch fraglich, dass bei einem angegurteten Fahrer, der am Unfallort an den Folgen eines hohen Querschnitts verstarb, keinerlei Kopfverletzungen festgestellt wurden.

Verletzungen der Halsweichteile beobachteten wir ausserordentlich selten. Sie spielen für die Gesamtverletzungsschwere der Insassen nur eine untergeordnete Rolle, da es sich nur um leichte Verletzungen handelte (AIS 1). Verletzungen der Halsorgane und -gefässe im Zusammenhang mit tödlichen Halsverletzungen wurden nicht bekannt; es ist jedoch nicht auszuschliessen, dass sie bei der Untersuchung der Toten nicht bemerkt wurden (keine Obduktion).

Bei den Thoraxverletzungen zeigt sich die grösste Gefährdung für den nicht angegurteten Fahrer. Als Verletzungsursachen muss man wohl hauptsächlich Lenkrad, Lenksäule und Armaturenbrett ansehen (10, 17, 42, 62, 83, 90, 97, 108, 141). Die Schutzwirkung des Sicherheitsgurtes bei der Reduktion von schweren Verletzungen scheint hier ausserordentlich hoch - sogar wesentlich höher als bei der Reduktion von Kopfverletzungen - da der Aufprall auf Fahrzeugteile vom Gurt abgeschwächt wird, der Fahrer jedoch nicht ausschliesslich vom Gurt gehalten werden muss. Beim Beifahrer hingegen steigt das Risiko für Thoraxverletzungen bei Gurtenträgern leicht an. Man muss allerdings berücksichtigen, dass schwere Thoraxverletzungen durch den Gurt im allgemeinen nur dann entstehen, wenn der Gurt nicht korrekt angelegt oder der Aufprall ganz besonders stark war. Man kann also davon ausgehen, dass die Verletzungen ohne Gurt meist nicht geringer, sondern allenfalls auf andere Körperbereiche verteilt, aufgetreten wären (63, 112, 113, 116, 138).

Verletzungen des Abdomens beobachteten wir zwar selten; wenn sie auftraten, waren sie jedoch relativ schwer. Die inneren Verletzungen der drei nicht angegurteten Insassen konnten nicht geklärt werden, da es sich bei allen Fällen um ein stumpfes Trauma handelte, das einmal lediglich stationäre Beobachtung (Rücksitzpassagier) erforderte und bei den beiden Fahrern (neben anderen Verletzungen) zum sofortigen Tod führte (keine Obduktion). Bei den Verletzungen

der angegurteten Insassen fällt eine überdurchschnittliche Beteiligung der Nieren auf (n = 3). In einem Fall scheint ein seitlich in das Fahrzeug eingedrungener Baum zur Verletzung geführt zu haben.

Die geringe Fallzahl lässt keine Aussage über die Häufigkeit der übrigen Organverletzungen zu.

Mit grosser Wahrscheinlichkeit wurden zwei abdominelle Traumen durch den Sicherheitsgurt verursacht. Es konnte nicht geklärt werden, ob der Gurt zu locker angelegt war und infolge eines Submarining während des Unfalls zu diesen schweren Verletzungen geführt hat. Ueber die grosse Verletzungsgefahr durch zu lose angelegte Gurte berichten zahlreiche Autoren (6, 9, 20, 22, 35, 45, 70, 73, 77, 85, 94, 106, 116, 126, 127).

Beckenverletzungen traten bei unserem Untersuchungsgut selten auf. Leichte Beckenprellungen durch den Gurt wurden in den meisten Fällen wohl nicht bekannt. Für die Verletzungsmechanik bei Beckenfrakturen gibt es verschiedene Möglichkeiten (43, 107). Ob es sich in unserem Fall (Fahrerin bei Frontalaufprall zwischen eingedrungenen Karosserieteilen eingeklemmt; vgl. 5.2.2.5.) um eine Dashboard-Verletzung oder um eine Kompressionsfraktur handelte, lässt sich nachträglich nicht sagen. Vermutlich liegen beide Mechanismen kombiniert vor.

Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule beobachteten wir bevorzugt bei Ejektion ($n_{iE} = 15$, $n_v = 3$). Alle anderen Personen ($n_v = 4$), die ebenfalls Wirbelfrakturen erlitten, trugen einen Sicherheitsgurt ($n_i = 56$). WALZ (114) diskutiert Verletzungen der BWS und LWS durch den Gurt, bei gleichzeitiger Flexion im Gurt und einer axialen Kompression beim Eintauchen in die Sitzfläche. Auch DEHNER (20) und HUELKE (55) sehen bei Verletzungen des 2. bis 4. Lendenwirbelkörpers einen Zusammenhang mit dem Beckengurt. Isolierte Verletzungen der Brustwirbelsäule finden manche Autoren vermehrt bei Ejektion (55, 136).

Verletzungen der Arme treten beim Fahrer bevorzugt links, beim Beifahrer bevorzugt rechts auf. Dies lässt sich einerseits durch die Verletzungsgefahr von Seiten eingedrungener Karosserieteile, andererseits durch die Anwendung des Sicherheitsgurtes erklären. Welcher Verletzungsmechanismus bei unserem

Material die grössere Rolle spielt, lässt sich schwer sagen. Der obere Teil des Gurtes verursacht häufig leichte Schulterprellungen, in schweren Fällen sogar Frakturen des Schlüsselbeins (116, 138). Durch den Gurt werden jedoch vor allem beim Fahrer Verletzungen der linken und bei Fahrer und Beifahrer gleichermassen Verletzungen der rechten oberen Extremität reduziert. Keine Schutzwirkung zeigt der Gurt bei Verletzungen der linken oberen Extremität beim Beifahrer. Derartige Verletzungen traten bei diesem jedoch nur in Einzelfällen auf, so dass keine allgemeine Aussage diesbezüglich gemacht werden darf. Beim Fahrer spielen trotz Gurt Lenkrad und Armaturenbrett eine grosse Rolle als Verletzungsursache (138). Viele Armverletzungen entstehen bei allen Insassen durch Abstützversuche (116).

Handverletzungen sind bei allen Insassengruppen unseres Materials gleich häufig; wir beobachteten im Gegensatz zu Untersuchungen von BEIER (8) und LANGWIEDER (62) kein erhöhtes Verletzungsrisiko für den Fahrer.

Verletzungen der unteren Extremitäten fanden wir bei unserem Unfallgut bevorzugt beim Fahrer. Der Gurt kann die Verletzungsfolgen zwar mindern, es treten jedoch trotzdem noch Frakturen der Beine (Oberschenkel, Unterschenkel) auf, die überwiegend durch verformte Bodenbleche, Fusspedale, Lenkrad/ -säule und Armaturenbrett verursacht werden (97). Trotz Gurt erleidet der Fahrer häufiger und schwerere Verletzungen der unteren Extremitäten als der Beifahrer. Andere Autoren (62, 116, 136) beobachten keine Häufung der Beinverletzungen beim Fahrer. Knieverletzungen spielen bei unserem Patientengut keine gravierende Rolle. Es handelte sich überwiegend um leichte Prellungen und Weichteilverletzungen. Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen (62, 84, 136) traten keine Kniescheibenfrakturen auf.

Hier könnte sich evtl. die veränderte Sitzposition der Insassen im Sportwagen (gestreckte Beine) bemerkbar machen.

Die Verletzungskombinationen der Insassen werden wesentlich durch die Sitzposition, den Sicherheitsgurt und die Unfallart bestimmt (62). Nicht angegurtete Fahrer erleiden häufiger Verletzungen mehrerer Körperbereiche als nicht angegurtete Beifahrer (8, 62). Beim angegurteten Fahrer beobachteten wir zwar weitaus weniger Mehrfachverletzungen als bei nicht angegurteten Insassen, aber mehr, wenn auch leichte Verletzungen mehrerer Körperbereiche als beim

angegurteten Beifahrer. Offensichtlich stellt die Innenraumgestaltung auf der Fahrerseite durch ihre Deformationsmöglichkeit einerseits einen gewissen Schutzeffekt (63, 136, 137) aber auch zusätzliche Anprallmöglichkeiten dar, die als Grund für die höhere Zahl von Mehrfachverletzungen beim Fahrer anzusehen sind. Besonders Verletzungen von Kopf und Thorax beim Fahrer lassen sich durch die Anwendung des Gurts beträchtlich reduzieren.

Am häufigsten treten Verletzungen von mehreren Körperbereichen bei Ejektion auf. Die Bewegungsabläufe der herausgeschleuderten Insassen sind äusserst vielfältig. Als Verletzungsursachen kommen neben Fahrzeuginnenraum, -karrosserie, -türen etc. noch viele andere, nicht abschätzbare Möglichkeiten in Betracht.

Bei den tödlichen Unfällen ist die relativ hohe Zahl (n = 3) von Halswirbelsäulenverletzungen auffällig, die andere Autoren nicht beobachteten (34, 62, 69, 96, 105). Thoraxverletzungen spielen nur bei Polytraumatisation eine Rolle als Ursache für den Tod. Die Beurteilung der Verletzungsverteilung ist bei tödlichen Verletzungen sehr schwierig, da in der Regel keine Obduktion erfolgte. Der Tod wurde meist am Unfallort von einem Notarzt festgestellt. Da an der Unfallstelle oft noch mehrere Schwerverletzte zu versorgen waren, konnte oft keine eingehende Untersuchung vorgenommen werden. Verletzungen leichterer Natur, aber auch Organverletzungen (Thorax, Abdomen) und evtl. sogar Frakturen gingen deshalb möglicherweise nicht in unsere Untersuchungen ein.

Ein bemerkenswertes Ergebnis zeigt der Vergleich der mittleren Gesamtverletzungsschwere der Insassen bei den verschiedenen Fahrzeugmodellen. Ueberraschenderweise fanden wir den geringsten Wert für Insassen im Porsche 924. Die Werte für nicht angegurtete Insassen sind auf Grund der geringen Fallzahl nicht relevant. Für angegurtete Insassen lassen sich die Werte jedoch von der Fallzahl, dem Beschädigungsgrad der Fahrzeuge und den Kollisionsarten mit denen für das Modell 911 vergleichen.

Der Traumatisierungsgrad der einzelnen Körperbereiche liegt ausser für die linke obere Extremität bei Insassen des Porsche 911 höher. Besonders auffallend ist der Unterschied bei Verletzungen des Kopfes und der unteren Extremitäten.

Es stellt sich nun die Frage, ob diese Ergebnisse ein Ausdruck der unterschiedlichen Konstruktion und inneren Sicherheit der beiden Fahrzeuge sind, oder ob sie durch augenblicklich nicht abschätzbare Einflüsse bei der geringen Fallzahl verursacht sind. Ganz sicher werden weitere Unfallanalysen nötig sein, um diese Ergebnisse zu bestätigen oder zu widerlegen. Eine Erklärung konnte von technischer Seite zum jetzigen Zeitpunkt nicht gegeben werden.

Abschliessend lässt sich sagen, dass die Verletzungen der Insassen bei korrekt getragenem Sicherheitsgurt und Berücksichtigung der Fahrzeugbeschädigung auf ein hohes Mass an innerer Sicherheit der untersuchten Sportwagen schliessen lassen. Dabei scheinen sich auch die Verbesserungen der neueren Modelle in einer geringeren Verletzungsschwere bemerkbar zu machen.

Maximale Fahrzeugdeformationen, die bei sehr hohen Geschwindigkeitsänderungen während der Kollision entstehen, verursachen auch eine starke Beschädigung der Fahrgastzelle, die auf Grund der Einschränkung des Ueberlebensraums zu schweren Verletzungen der Insassen führen können. Es wird daher der weiteren Entwicklung in der Fahrzeugtechnik vorbehalten bleiben, die Stabilität der Fahrgastzelle noch zu erhöhen, um Verletzungen durch eingedrungene Fahrzeugteile zu verhindern. Weiterhin muss darauf hingearbeitet werden, die Gurtanlegequote noch mehr zu steigern und die Konstruktion der Gurte und Fahrzeugsitze dahingehend zu verbessern, dass Gurtverletzungen auch bei grossen Energien weitgehend vermieden werden können.

7. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Untersuchung wurden mit Unterstützung des HUK-Verbands und dem Entwicklungszentrum der Firma Porsche eine Auswahl von 56 Unfällen verschiedenster Typen mit 87 Insassen der Fahrzeugmodelle Porsche 911, 924 und 928 aus den Jahren 1976, 1977 und 1978 analysiert.

Die untersuchten Fälle stellen bezüglich Gesamtverletzungsschwere und Fahrzeugbeschädigungsgrad eine Negativauswahl dar, da die Unfallschwere überdurchschnittlich hoch war.

Folgende Besonderheiten können tendenziell abgeleitet werden:

- Die durchschnittliche Besetzung der Sportwagen liegt mit ca. 1,55 niedriger als die normaler Personenkraftwagen mit 1,6 bis 1,9.

  Rücksitzpassagiere befinden sich nur selten im Fahrzeug.

- Die Zahl der Alleinunfälle (Ueberschlag und komplexer Unfallablauf - Kollision mit festem Hindernis) liegt bei 52%.

- Die Werte für die Verletzungsschwere steigern sich vom angegurteten Fahrer über den angegurteten und nicht angegurteten Beifahrer bis zum nicht angegurteten Fahrer.

- Die Verletzungsschwere der Insassen zeigt eine starke Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad der Fahrzeuge.

- Lenkrad und Armaturenbrett spielen im Vergleich zu anderen Fahrzeuginnenteilen eine wichtigere Rolle als Verletzungsursache.

- Kopfverletzungen werden bei Fahrer und Beifahrer durch den Gurt um ca. 20% reduziert. Das Risiko für Thorax- und Abdominalverletzungen sinkt beim Fahrer stärker als beim Beifahrer. Beim Beifahrer finden sich sogar teilweise vermehrt leichte Verletzungen in diesen Körperbereichen, die meist durch den nicht korrekt getragenen Sicherheitsgurt verursacht werden. Die Reduktion des Verletzungsrisikos für die linke obere Extremität beim Fahrer und für die rechte obere Extremität beim Fahrer und Beifahrer beträgt ca. 50%. Der Beifahrer erleidet nur in Einzelfällen Verletzungen der linken oberen Extremität; bei ihm konnte keine Schutzwirkung des Gurtes für diese Verletzungsart festgestellt werden.

- Verletzungen durch den Sicherheitsgurt sind ab einer bestimmten Unfallschwere nicht letzlich zu vermeiden. Sie sind jedoch immer geringer als im Falle nicht angegurteter Insassen.

- Kopfverletzungen aller Schweregrade, schwere Halswirbelverletzungen und leichte Armverletzungen scheinen häufiger vorzukommen als im allgemeinen Unfallgeschehen.

- Fahrer erlitten häufiger Frakturen der unteren Extremitäten als Beifahrer.

  Schwere Knieverletzungen wurden bei keinem Insassen beobachtet.

- Der Absolute Traumatisierungsgrad liegt bei Insassen des Porsche 924 für sämtliche Körperbereiche ausser für die linke obere Extremität (Fahrer) niedriger als für Insassen im Porsche 911. Auch die Gesamtverletzungsschwere liegt tiefer.

- Komplexe Unfälle verursachen die schwersten Verletzungen. Sowohl die Zahl als auch die Schwere von Kopfverletzungen ist sehr hoch.

- Tödliche Verletzungen fanden wir bei 14% (n = 12) der Insassen.

  Als Todesursachen sind vor allem Kopf- und Halswirbelsäulenverletzungen sowie Polytraumatisation zu nennen; Thoraxverletzungen als alleinige Verletzungsart spielen für den Tod keine Rolle.

- Das Ejektionsrisiko ist für nicht angegurtete Insassen besonders bei Unfällen mit Ueberschlagen des Fahrzeugs sehr hoch. Die Verletzungsschwere dieser Verunglückten liegt beträchtlich über dem Durchschnitt aller untersuchten Fälle.

Bei Berücksichtigung der Negativauslese zeigt sich, dass Sportwagenunfälle im Vergleich zu anderen Untersuchungen keine gravierende Aenderung im Verletzungsmuster zeigen. Kopf-, Hals- und Armverletzungen weisen im Vergleich zum allgemeinen Unfallgeschehen jedoch eine grössere Häufigkeit auf.

Die dargestellten Besonderheiten können möglicherweise teilweise als sportwagenspezifisch betrachtet werden, was in weiterführenden Untersuchungen aber noch endgültig bestätigt werden muss.

8. TABELLEN UND ABBILDUNGEN

8.1. Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1 Fahrzeugmodell - Unfalljahr
Abb. 2 Beschädigungsgrad (nach HUK) - Modell
Abb. 3 Kollisionsarten
Abb. 4 Aufprallrichtung
Abb. 5 Behandlung der Insassen
Abb. 6 Dauer des Krankenhausaufenthaltes
Abb. 7 Gesamtverletzungsschwere nach OAIS
Abb. 8 Verletzungsschwere - Sitzposition
Abb. 9 Verletzungsschwere - Beschädigungsgrad - Sitzposition
Abb. 10 Verletzungsverteilung Fahrer mit Gurt
Abb. 11 Verletzungsverteilung Fahrer ohne Gurt
Abb. 12 Verletzungsverteilung Beifahrer mit Gurt
Abb. 13 Verletzungsverteilung Beifahrer ohne Gurt
Abb. 14 Verletzungsverteilung - Sitzposition - Alle AIS
Abb. 15 Verletzungsverteilung - Sitzposition - ab AIS 2
Abb. 16 Absoluter Traumatisierungsgrad verschiedener Körperbereiche
Abb. 17 Häufigkeit von Mehrfachverletzungen
Abb. 18 Verletzungsschwere (OAIS - ISS) - Beschädigungsgrad
Abb. 19 Verletzungen einzelner Körperbereiche bei Frontalkollision, Ueberschlag und komplexen Unfällen

Fahrzeugmodell - Unfalljahr

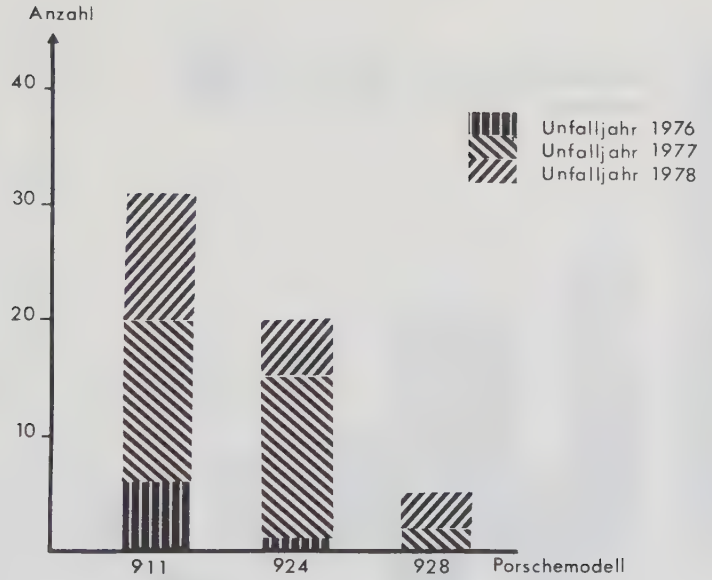


Abb. 1

Beschädigungsgrad (HUK) - Modell

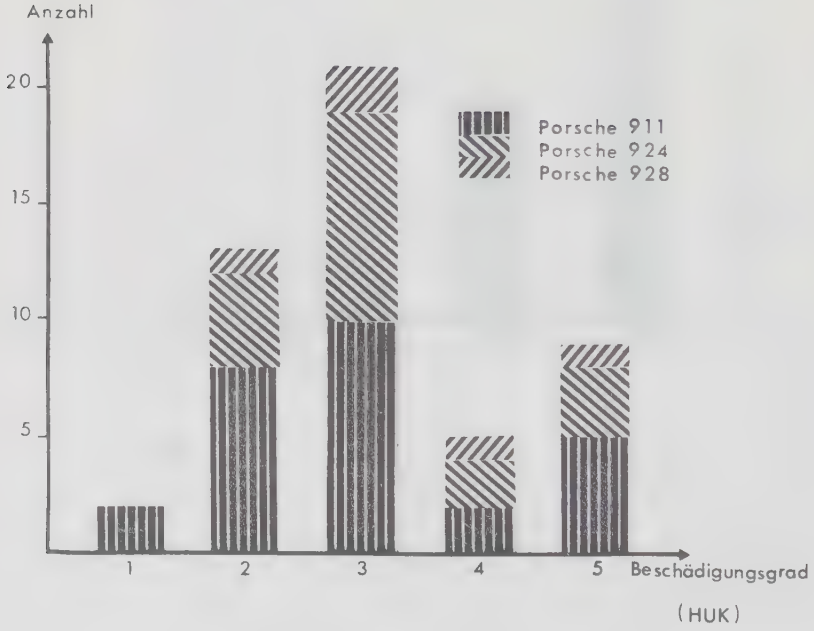


Abb. 2

Kollisionsarten

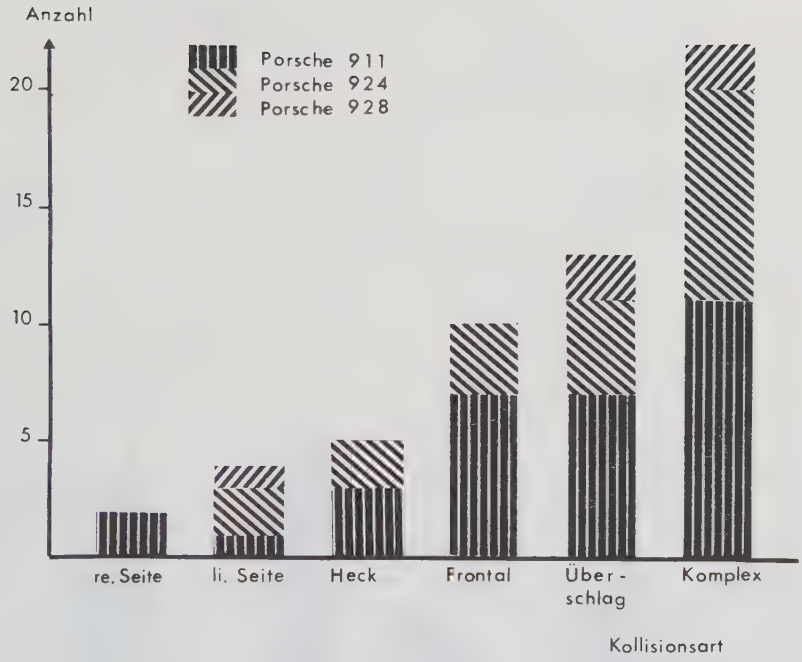


Abb. 3

Aufprallrichtung

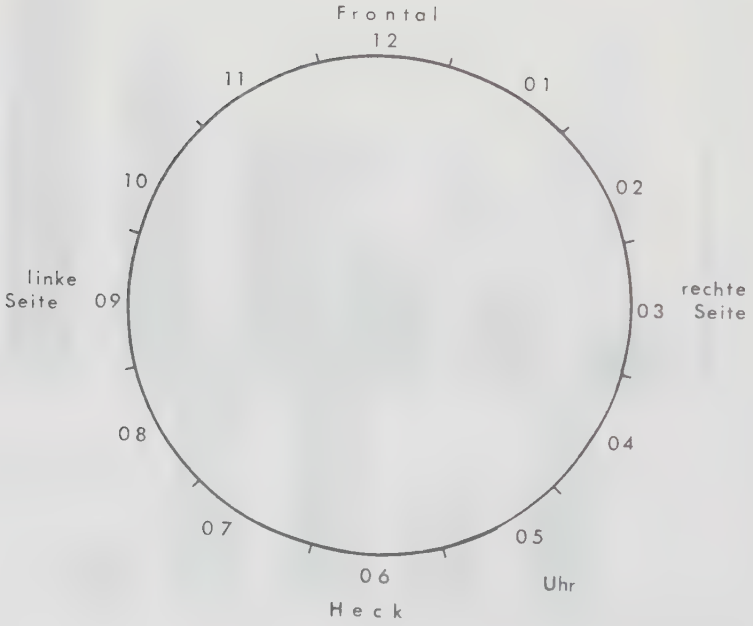


Abb. 4

Behandlung

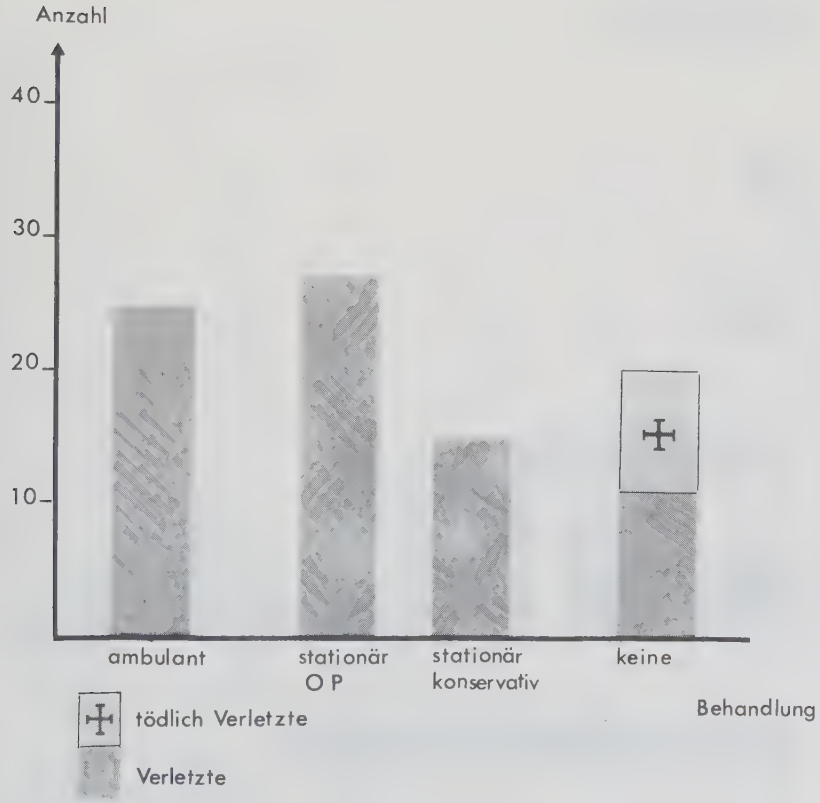


Abb. 5

Dauer des Krankenhausaufenthalts (n = 42)

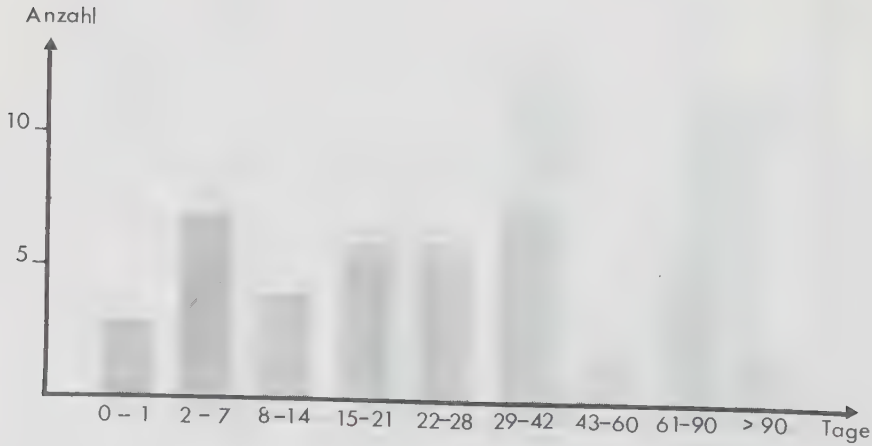


Abb. 6

Gesamtverletzungsschwere nach OAIS

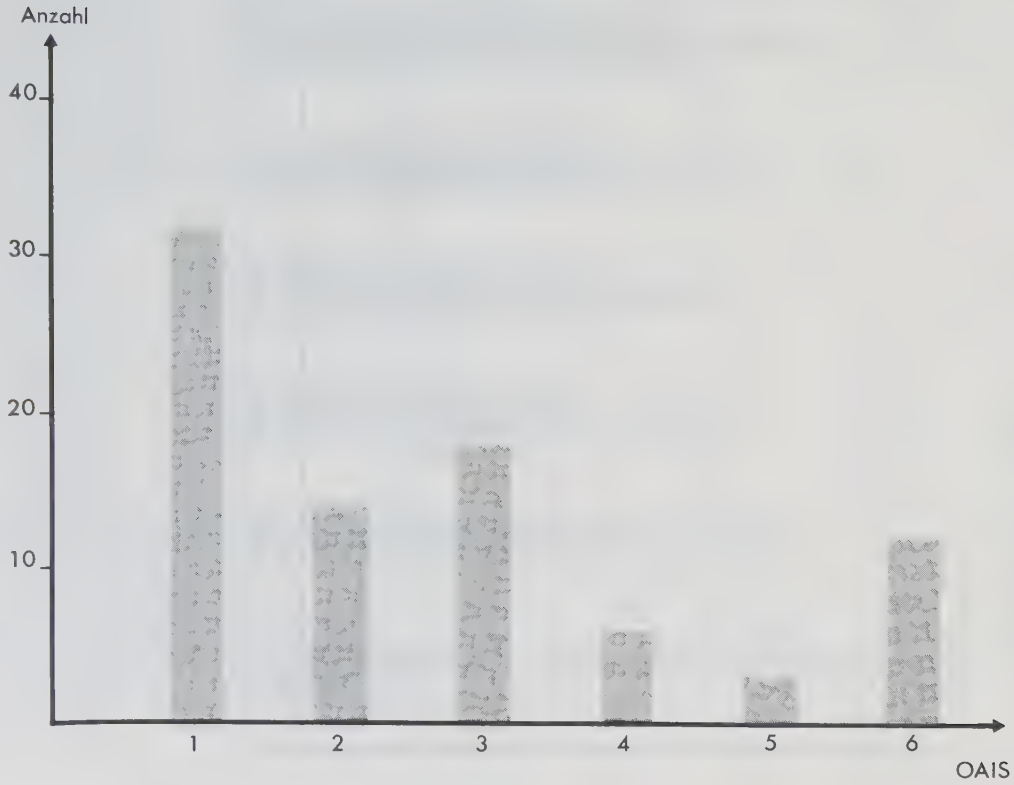


Abb. 7

Verletzungsschwere - Sitzposition

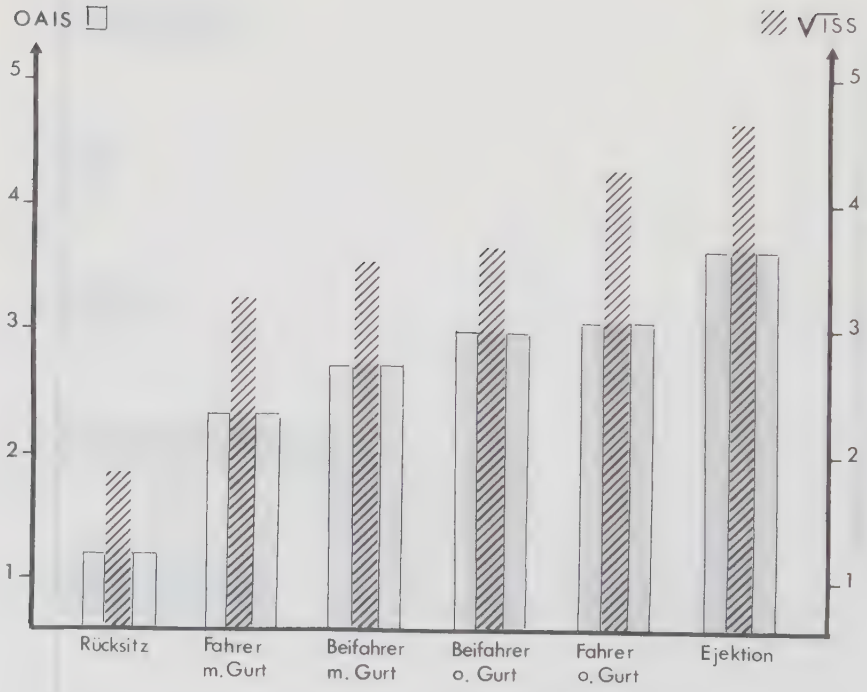


Abb. 8

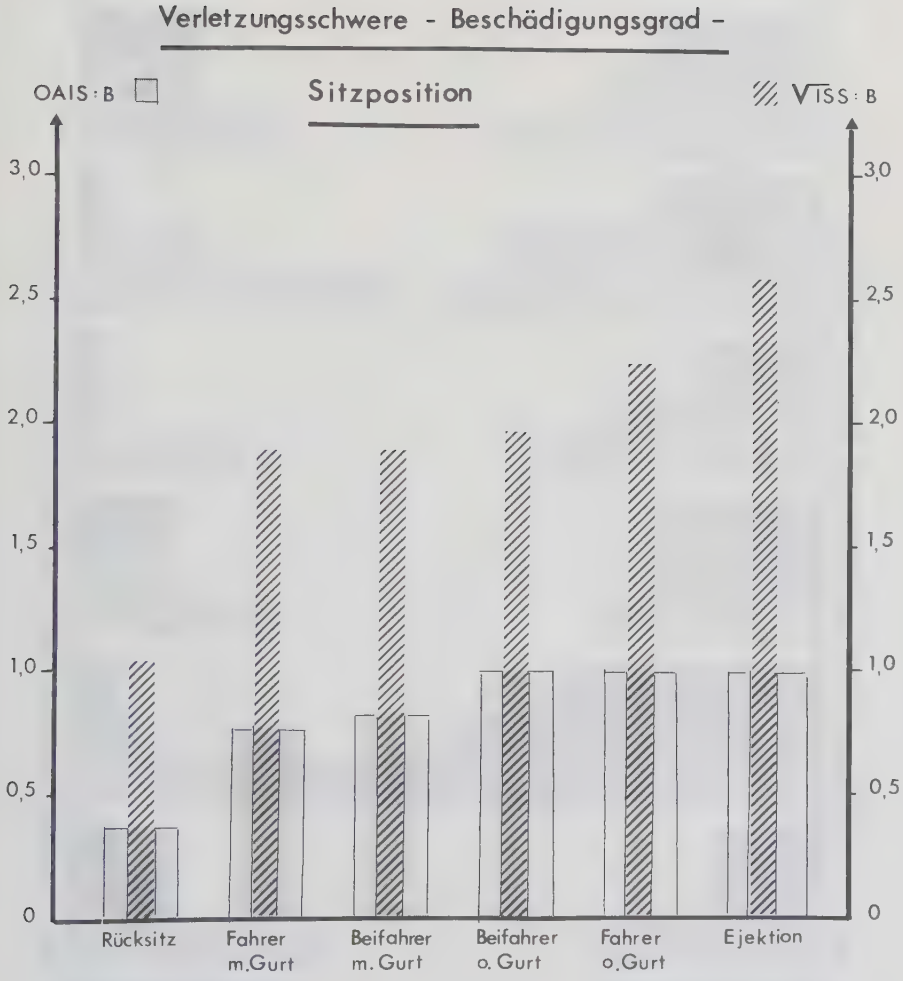

Verletzungsschwere - Beschädigungsgrad -
Sitzposition
OAIS : B
VTSS : B
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0
Rücksitz
Fahrer m.Gurt
Beifahrer m. Gurt
Beifahrer o. Gurt
Fahrer o.Gurt
Ejektion

Abb. 9

Verletzungsverteilung - Fahrer mit Gurt (n = 39)

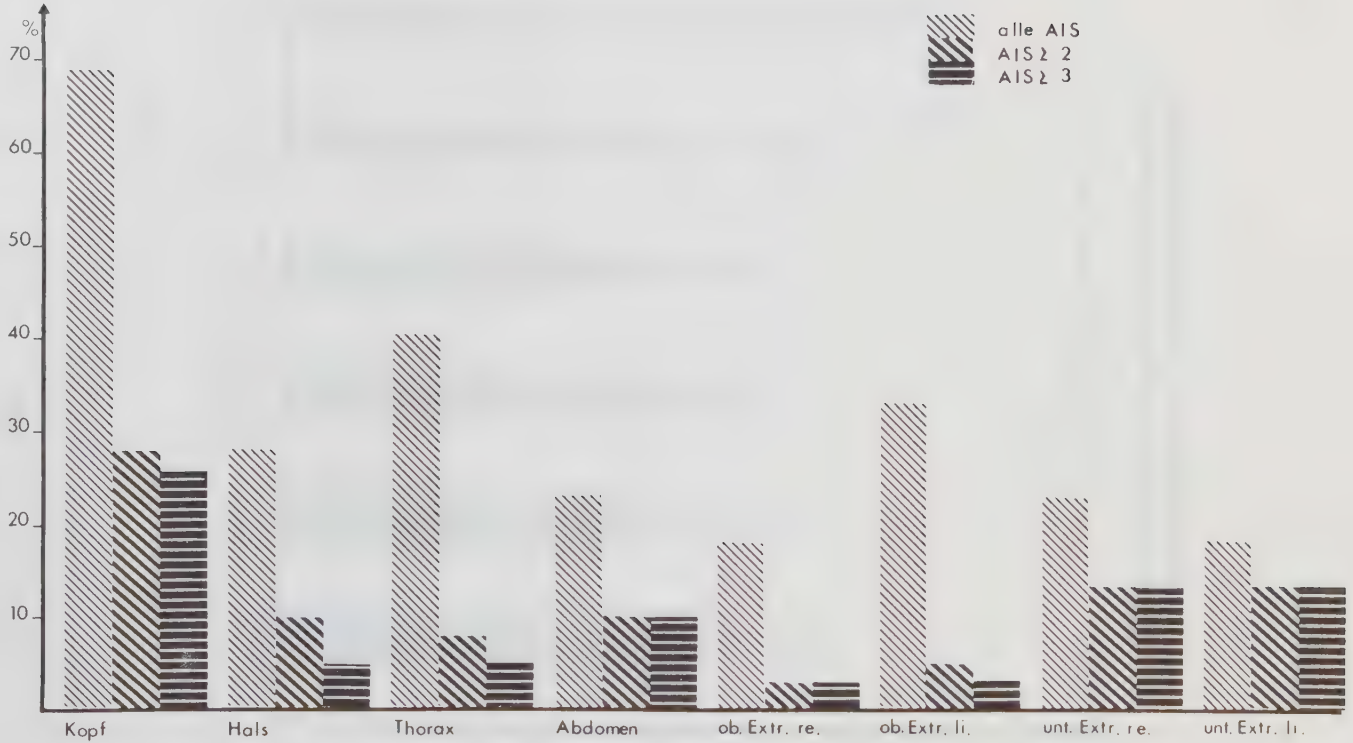


Abb. 10

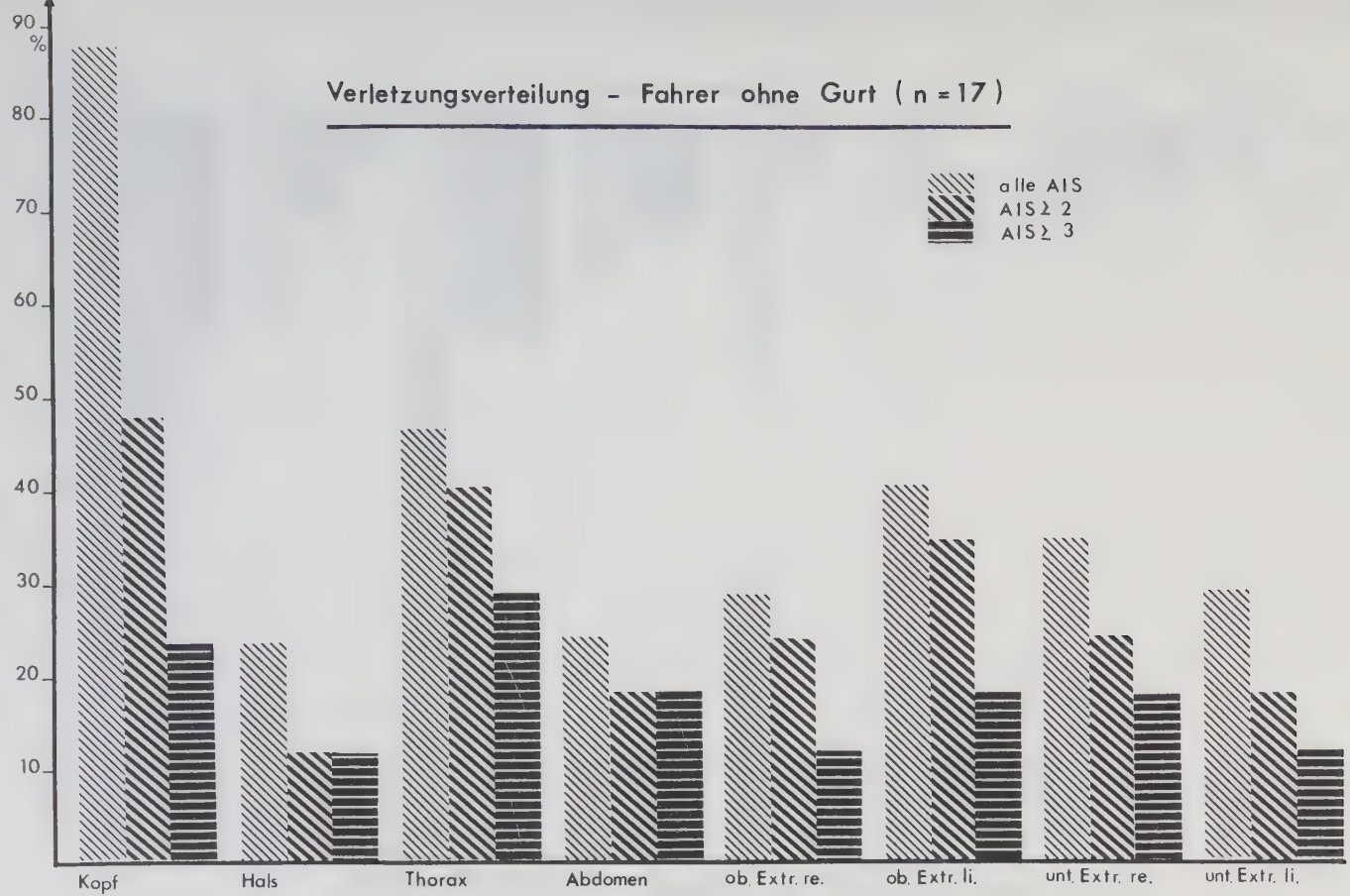

Verletzungsverteilung - Fahrer ohne Gurt (n = 17)
alle AIS
AIS ≥ 2
AIS ≥ 3
90 %
80
70
60
50
40
30
20
10
Kopf
Hals
Thorax
Abdomen
ob. Extr. re.
ob. Extr. li.
unt. Extr. re.
unt. Extr. li.

Abb. 11

Verletzungsverteilung - Beifahrer mit Gurt (n = 17)

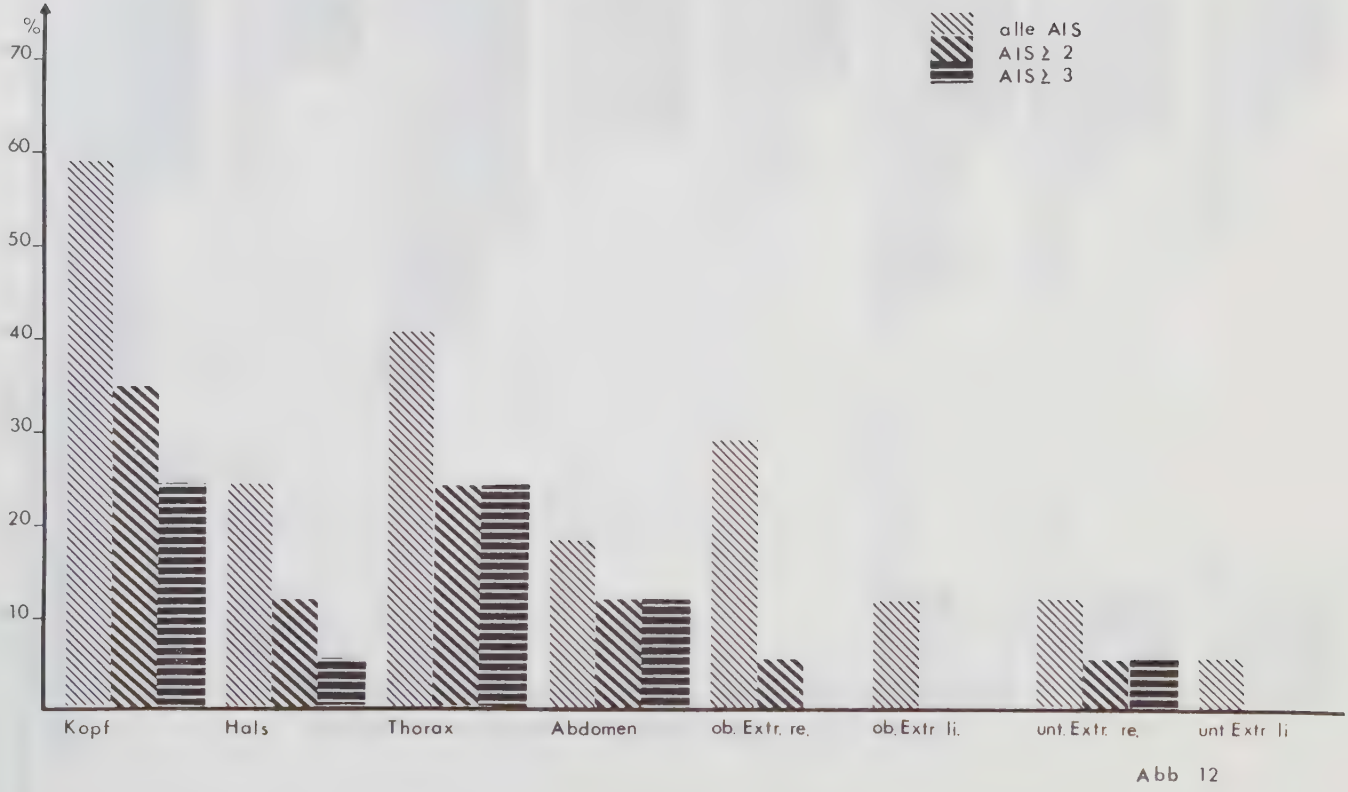


Abb 12

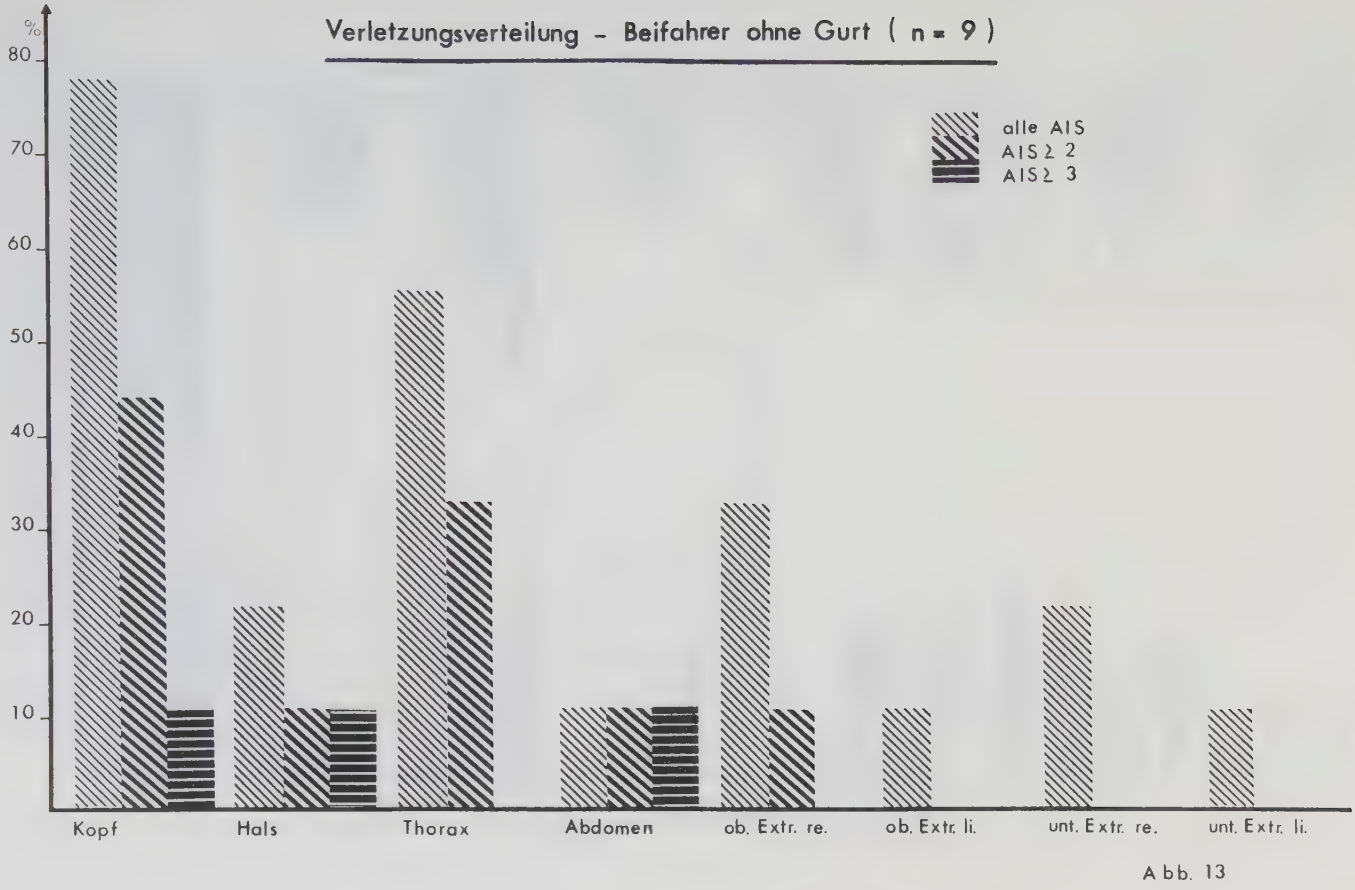

Verletzungsverteilung - Beifahrer ohne Gurt (n = 9)
%
80
70
60
50
40
30
20
10
alle AIS
AIS ≥ 2
AIS ≥ 3
Kopf
Hals
Thorax
Abdomen
ob. Extr. re.
ob. Extr. li.
unt. Extr. re.
unt. Extr. li.

Abb. 13

Verletzungsverteilung - Sitzposition - alle AIS

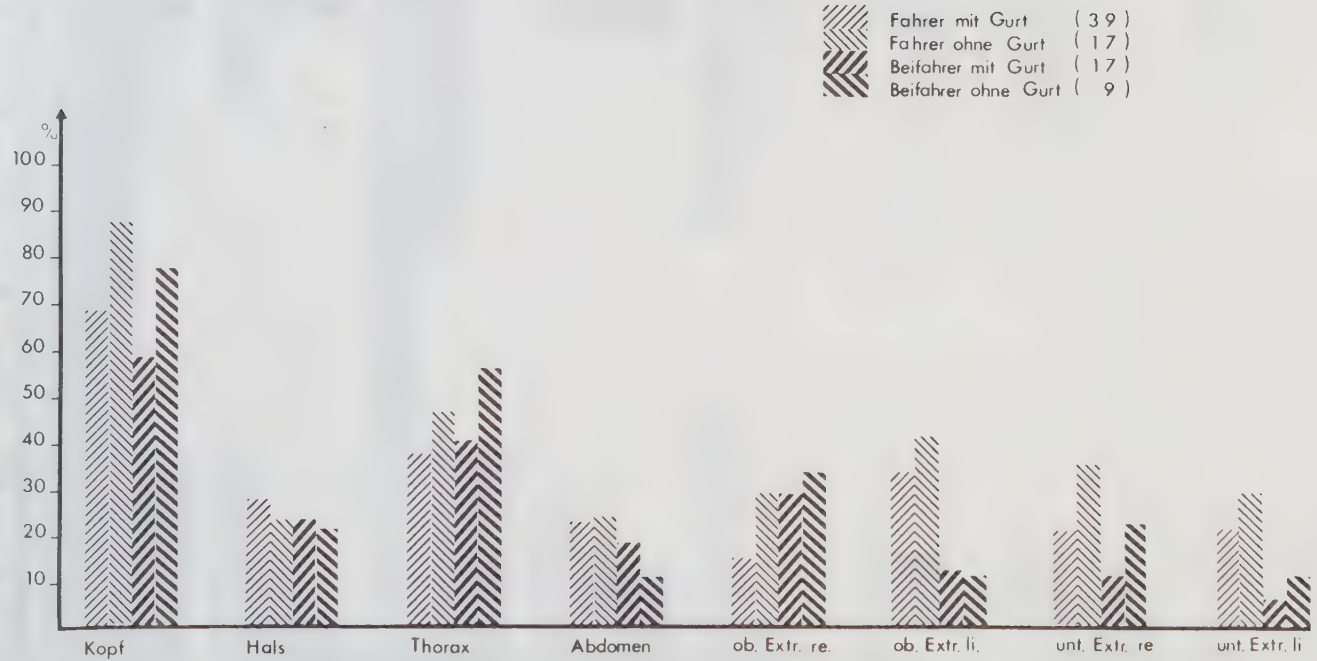


Abb. 14

Verletzungsverteilung - Sitzposition - AIS ≥ 2

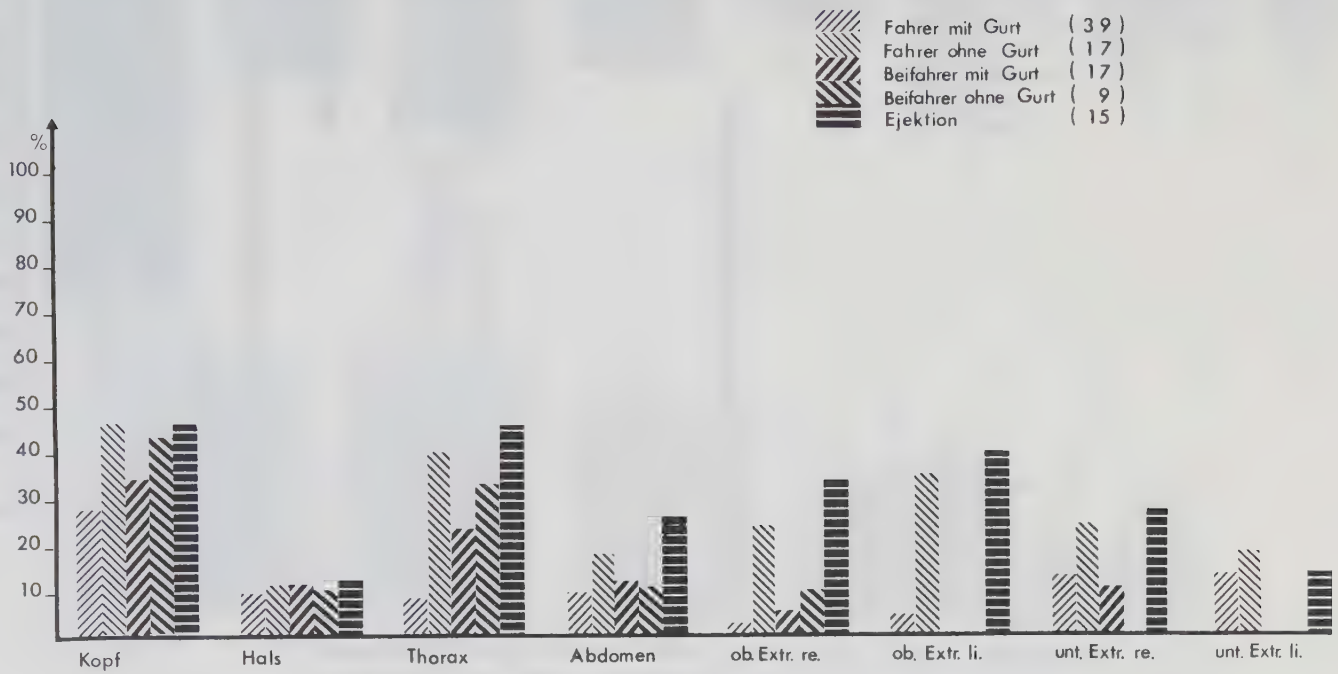


Abb. 15

Absoluter Traumatisierungsgrad verschiedener Körperbereiche

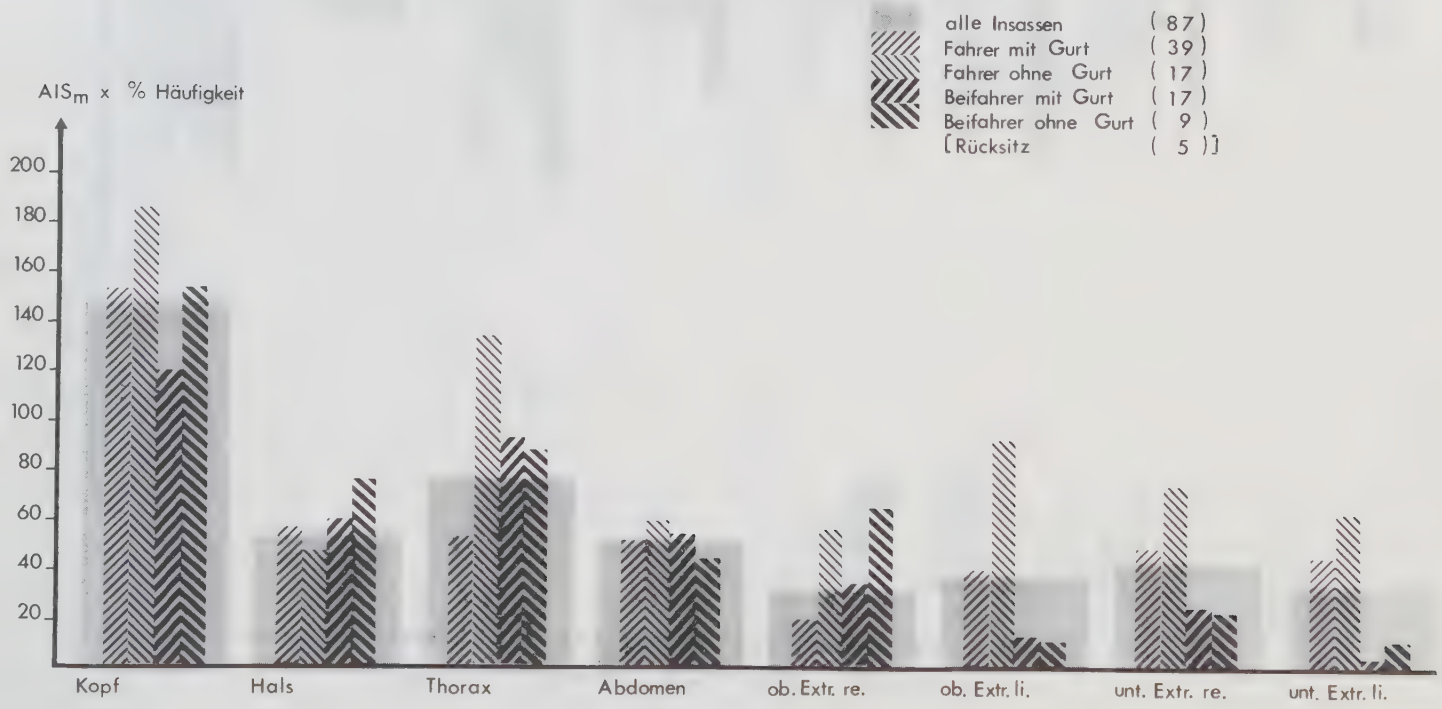


Abb. 16

Häufigkeit von Mehrfachverletzungen

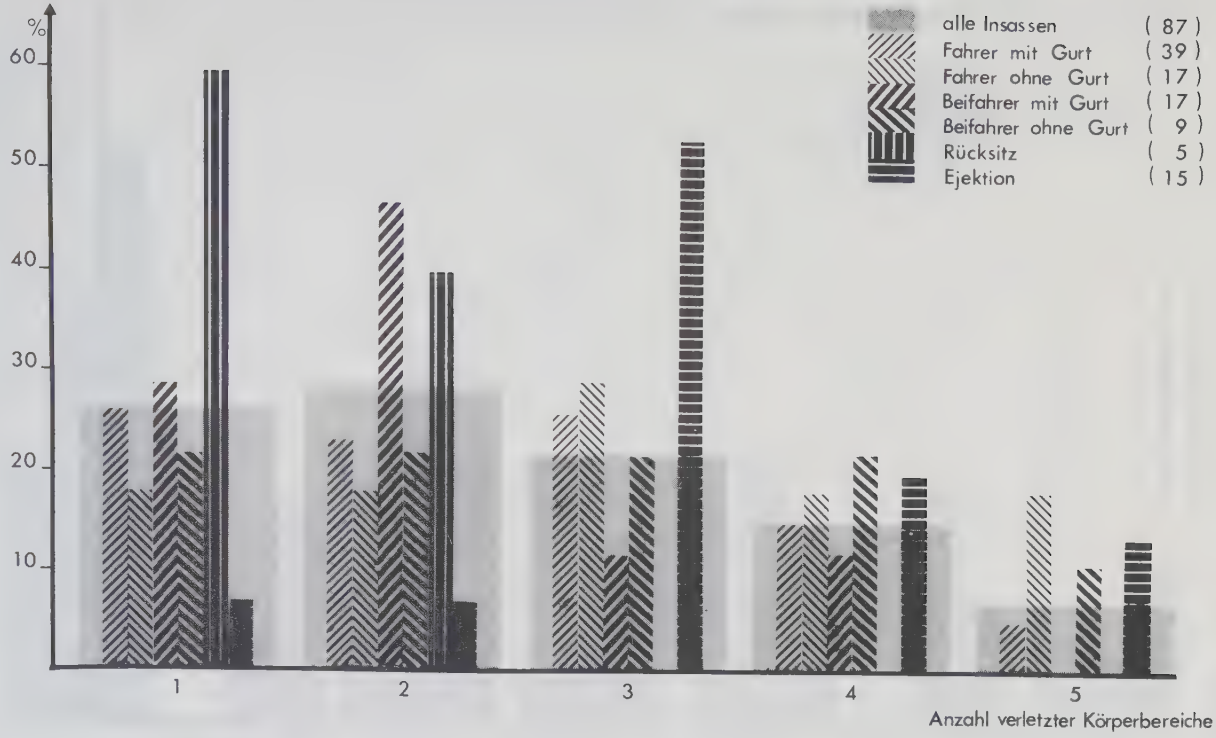


Abb. 17

Verletzungsschwere (OAIS - ISS) - Beschädigungsgrad

alle Insassen (75)

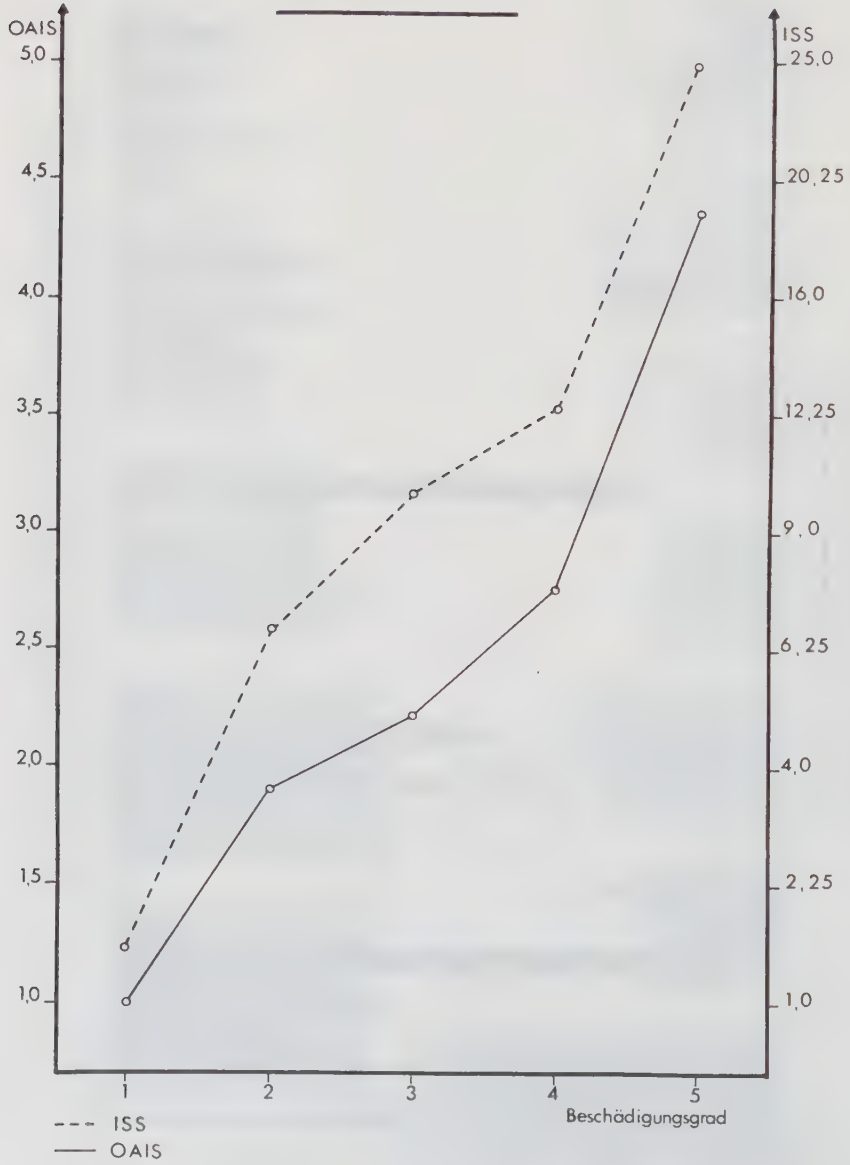


Abb. 18

Verletzungen einzelner Körperbereiche bei Frontalkollision, Überschlag und komplexem Unfallablauf

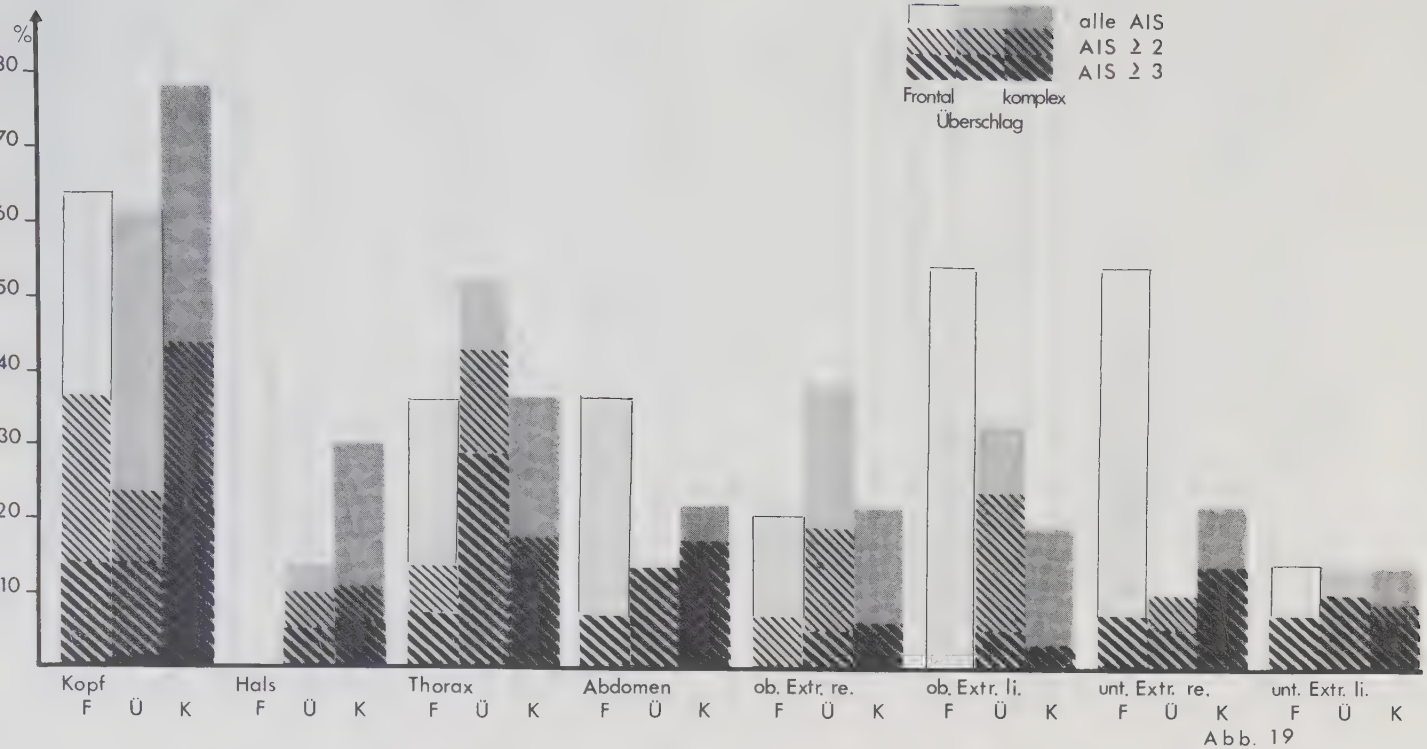


Abb. 19

8.2. Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1 Bestand an zugelassenen PKW

Tab. 2 Porscheunfälle, die nicht in die Untersuchung der Universität Würzburg einbezogen wurden

Tab. 3 Allgemeine Uebersicht

Tab. 4 Unfallarten

Tab. 5 Insassen

Tab. 6 Gesamtverletzungsschwere der Insassen nach OAIS

Tab. 7 Notarztbehandlung und Transport der Insassen bei verschiedener Verletzungsschwere

Tab. 8 Verletzungsschwere der Insassen bei verschiedenen Sitzpositionen

Tab. 9 Verletzungsschwere der Insassen bei verschiedenen Sitzpositionen in Abhängigkeit von der Beschädigung der Fahrzeuge

Tab. 9a Beschädigungsgrad der Fahrzeuge (nach HUK) bezogen auf die Sitzposition der Insassen

Tab. 10 Verletzungen der einzelnen Körperbereiche - alle AIS

Tab. 11 Verletzungen der einzelnen Körperbereiche - ab AIS 2

Tab. 12 Verletzungen der einzelnen Körperbereiche - ab AIS 3

Tab. 13 Verletzungsschweregrade einzelner Körperbereiche (AIS)

Tab. 14 Absoluter Traumatisierungsgrad einzelner Körperbereiche

Tab. 15 Anprallstellen der Insassen im Fahrzeug

Tab. 16 Mehrfachverletzungen

Tab. 17 Verletzungskombinationen

Tab. 18 Absoluter Traumatisierungsgrad einzelner Körperbereiche Vergleich bei angegurteten Fahrern und Beifahrern im Porsche 911 und 924

Tab. 19a Gesamtverletzungsschwere der Insassen bei verschiedenen Fahrzeugbeschädigungen

Tab. 19b Gesamtverletzungsschwere der Insassen (nach ISS) bei verschiedenen Fahrzeugbeschädigungen (nach HUK)

Tab. 19c Gesamtverletzungsschwere angegurteter Insassen nach OAIS in Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad der Fahrzeuge

Tab. 19d Gesamtverletzungsschwere nicht angegurteter Insassen nach OAIS in Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad der Fahrzeuge

Tab. 20 Beschädigungsgrad der Fahrzeuge bei verschiedenen Kollisionsarten

Tab. 21 Sitzposition der Insassen bei verschiedenen Kollisionsarten

Tab. 22 Traumatisierungsgrad bei verschiedenen Kollisionsarten

Tab. 23 Verletzungsschwere: Beschädigungsgrad bei verschiedenen Kollisionsarten

Tab. 24 Verletzungsschwere einzelner Körperbereiche bei verschiedenen Kollisionsarten

Tab. 25 Vergleich von Verletzungen einzelner Körperbereiche bei Frontalkollision, Ueberschlag und komplexem Unfallablauf

Tab. 26 Tödliche Verletzungen bei verschiedenen Sitzpositionen

Tab. 27 Fahrzeugmodelle bei Unfällen mit tödlichen Insassenverletzungen

Tab. 28 Ejektion bei verschiedenen Sitzpositionen

Tab. 29 Gesamtverletzungsschwere bei Ejektion

Tab. 30 Absoluter Traumatisierungsgrad einzelner Körperbereiche bei Ejektion

(...) Anzahl der auswertbaren Fälle höchstens 5, daher keine allgemeingültige Aussage möglich.

Tabelle 1

Bestand an zugelassenen PKW

Bestand	am 1.7.1976		am 1.7.1977	
Alle PKW	18 919 738	100%	20 020 197	100%
Porsche 911	22 361	0,12%	23 442	0,12%
Porsche 924	2 714	0,01%	7 646	0,04%
Porsche 930	-	-	316	0,002%
sonstige Porsche	6 092	0,03%	6 727	0,03%
Porsche gesamt	31 167	0,16%	38 131	0,19%

Quelle: HUK-Verband

Tabelle 2

Porsche Unfälle, die nicht in die Untersuchung der Uni-Würzburg einbezogen wurden

Unfallgegner des Porsche	PKW, Krad	Festes Hindernis
Anzahl der Fälle	14	25
Anzahl der Insassen Porsche	20	32
Anzahl Verletzte Porsche	2	9
Anzahl Insassen Porsche Verletzungen nicht ermittelt	0	7
Anzahl Gurtenträger Porsche	2	14

Quelle: HUK-Verband

Tabelle 3

Allgemeine Uebersicht

Unfälle mit Porsche 911:	31 (55%)	Insassen im Porsche 911:	49 (56%)
mit Porsche 924:	20 (36%)	im Porsche 924:	30 (35%)
mit Porsche 928:	5 (9%)	im Porsche 928:	8 (9%)

Unfälle mit 1 Insasse :	28 (50%)
mit 2 Insassen:	25 (45%)
mit 3 Insassen:	3 (5%)

Fahrer mit Gurt:	39	mit Gurt:	56 (64%)
Beifahrer mit Gurt:	17		
Fahrer ohne Gurt:	17	ohne Gurt:	26 (30%)
Beifahrer ohne Gurt:	9		
Rücksitzinsassen:	5		(6%)

Durchschnittsalter der Fahrer:	32,9 Jahre
Durchschnittsalter der Käufer:	37,5 Jahre

Tödlich verletzte Insassen:	12 (14%)
Ejektion	15 (17%)
Kollision mit anderem PKW:	21 (37%)
Alleinunfälle:	29 (52%)
Primärkollision mit anderem Verkehrsteilnehmer - Hauptkollision komplex:	6 (11%)

Tabelle 4

Unfallarten

Fahrzeugmodell	Porsche 911	Porsche 924	Porsche 928	Total
Kollision				
Frontal	7	3	–	10
Heck	3	2	–	5
rechte Seite	2	–	–	2
linke Seite	1	2	1	4
Alleinunfälle				
Ueberschlag	7	4	2	13
komplex	11	9	2	22

Tabelle 5

Insassen

Fahrzeugmodell	Porsche 911	Porsche 924	Porsche 928	Total
Fahrer mit Gurt	17	17	5	39
Fahrer ohne Gurt	14	3	–	17
Beifahrer mit Gurt	7	7	3	17
Beifahrer ohne Gurt	7	2	–	9
Rücksitzinsassen	4	1	–	5
Total	49	30	8	87

Tabelle 6

Gesamtverletzungsschwere der Insassen nach OAIS

OAIS	0	1	2	3	4	5	6/6+
Fahrer mit Gurt	2	18	3	9	2	3	4
Fahrer ohne Gurt	-	3	3	4	2	-	3
Beifahrer mit Gurt	-	6	2	5	1	-	3
Beifahrer ohne Gurt	-	1	5	-	1	-	2
Rücksitzinsasse	-	4	1	-	-	-	-
Total	2	32	14	18	6	3	12

Tabelle 7

Notarztbehandlung und Transport der Insassen bei verschiedener Verletzungsschwere

OAIS	Notarzt-behandlung	Rettungs-wagen	Notarzt-wagen	Rettungs-hubschrauber	kein Transport
0	-	-	-	-	2
1	1	11	2	1	18
2	4	11	2	-	1
3	5	12	4	1	1
4	3	2	3	1	-
5	3	-	2	1	-
6	4	-	2	2	-
6+	7	-	-	-	8
Total	27	36	15	6	30

Tabelle 8

Verletzungsschwere der Insassen bei verschiedenen Sitzpositionen

	Fahrer mit Gurt	Beifahrer mit Gurt	Fahrer ohne Gurt	Beifahrer ohne Gurt	Rücksitz	Total
Porsche 911:						
Anzahl	17	7	14	7	(4)	49
$OAIS_m$	2,65	3,29	3,0	3,29	(1,25)	2,82
ISS_m	12,18	17,0	18,07	15,0	(3,75)	14,27
Porsche 924:						
Anzahl	17	7	(3)	(2)	(1)	30
$OAIS_m$	2,0	1,86	(3,33)	(2,0)	(1)	2,07
ISS_m	9,12	7,29	(20,3)	(7,0)	(2)	9,43
Porsche 928:						
Anzahl	(5)	(3)				8
$OAIS_m$	(2,8)	(3,67)				3,13
ISS_m	(11,2)	(15,0)				12,63
Total:						
Anzahl	39	17	17	9	(5)	87
$OAIS_m$	2,38	2,76	3,06	3,0	(1,2)	2,59
ISS_m	10,72	12,65	18,47	13,2	(3,4)	12,45

Tabelle 9

Verletzungsschwere der Insassen bei verschiedenen Sitzpositionen in Abhängigkeit von der Beschädigung der Fahrzeuge

	Fahrer mit Gurt	Beifahrer mit Gurt	Fahrer ohne Gurt	Beifahrer ohne Gurt	Rücksitz	Total
Porsche 911:						
Anzahl	16	6	11	(5)	(4)	42
Summe OAIS Beschädigung	0,88	1,05	1,03	(1,07)	(0,36)	0,91
Summe ISS Beschädigung	4,08	5,57	6,06	(4,14)	(1,07)	4,48
Porsche 924:						
Anzahl	15	6	(3)	(1)	(1)	26
Summe OAIS Beschädigung	0,68	0,48	(0,91)	(0,67)	(0,5)	0,64
Summe ISS Beschädigung	3,19	1,38	(5,55)	(3,0)	(0,5)	2,99
Porsche 928:						
Anzahl	(5)	(3)				8
Summe OAIS Beschädigung	(0,82)	(1,0)				0,89
Summe ISS Beschädigung	(3,29)	(4,09)				3,61
Total:						
Anzahl	36	15	14	6	(5)	76
Summe OAIS Beschädigung	0,79	0,81	1,0	1,0	(0,38)	0,82
Summe ISS Beschädigung	3,6	3,6	5,93	3,94	(1,06)	3,86

Tabelle 9a

Beschädigungsgrade der Fahrzeuge (nach HUK) bezogen auf die Sitzposition der Insassen

Beschädigungsgrad	1	2	3	4	5	unbek.	Durchschnitt
Fahrer mit Gurt:							
Porsche 911	-	4	8	2	2	1	3,13
Porsche 924	-	4	7	2	2	2	3,13
Porsche 928	-	1	2	1	1	-	(3,4)
Summe	-	9	17	5	5	3	3,17
Fahrer ohne Gurt:							
Porsche 911	2	4	2	-	3	3	2,82
Porsche 924	-	-	2	-	1	-	(3,67)
Porsche 928	-	-	-	-	-	-	-
Summe	2	4	4	-	4	3	3,14
Beifahrer mit Gurt:							
Porsche 911	-	1	2	2	1	1	3,5
Porsche 924	-	1	2	2	1	1	3,5
Porsche 928	-	-	2	-	1	-	(3,67)
Summe	-	2	6	4	3	2	3,53
Beifahrer ohne Gurt:							
Porsche 911	-	3	1	-	1	2	(2,8)
Porsche 924	-	-	1	-	-	1	(3,0)
Porsche 928	-	-	-	-	-	-	-
Summe	-	3	2	-	1	3	2,83
Rücksitz:	-	3	-	-	2	-	(3,2)

Tabelle 10

Verletzungen der einzelnen Körperbereiche - alle AIS

	Fahrer mit Gurt		Beifahrer mit Gurt		Fahrer ohne Gurt		Beifahrer ohne Gurt		Rücksitz	
	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Total	39	100	17	100	17	100	9	100	5	(100)
Porsche 911	17	100	7	100	14	100	7	100	4	(100)
Porsche 924	17	100	7	100	3	(100)	2	(100)	1	(100)
Porsche 928	5	(100)	3	(100)	-	-	-	-	-	-
Kopf:	27	69	10	59	15	88	7	78	3	(60)
911	11	65	4	57	12	86	5	71	2	(50)
924	12	71	3	43	3	(100)	2	(100)	1	(100)
928	4	(20)	1	(33)	-	-	-	-	-	-
Hals:	11	28	4	24	4	24	2	22	-	-
911	4	24	2	29	3	21	1	14	-	-
924	6	38	1	14	1	(14)	1	(50)	-	-
928	1	(20)	1	(33)	-	-	-	-	-	-
Thorax:	16	41	7	41	8	47	5	56	-	-
911	6	35	4	57	7	50	4	57	-	-
924	8	47	3	43	1	(33)	1	(50)	-	-
928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abdomen:	9	23	3	18	4	24	1	11	1	(20)
911	6	35	1	14	3	21	1	14	1	(25)
924	3	19	2	29	1	(33)	-	-	-	-
928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ob.Extr.re.:	7	18	5	29	5	29	3	33	2	(40)
911	6	35	-	-	6	43	1	14	-	-
924	4	24	2	29	1	(33)	1	(50)	1	(100)
928	-	-	1	(33)	-	-	-	-	-	-
Ob.Extr.li.:	13	33	2	12	7	41	1	11	-	-
911	6	35	-	-	6	43	1	14	-	-
924	7	44	1	14	1	(33)	-	-	-	-
928	-	-	1	(33)	-	-	-	-	-	-
Unt.Extr.re.:	9	23	2	12	6	35	2	22	-	-
911	6	35	1	14	5	36	1	14	-	-
924	3	18	1	14	1	(33)	1	(50)	-	-
928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unt.Extr.li.:	7	18	1	6	5	29	1	11	-	-
911	4	24	-	-	3	21	1	14	-	-
924	2	13	-	-	2	(67)	-	-	-	-
928	1	(20)	1	(33)	-	-	-	-	-	-

Tabelle 11

Verletzungen der einzelnen Körperbereiche - ab AIS 2

	Fahrer mit Gurt		Beifahrer mit Gurt		Fahrer ohne Gurt		Beifahrer ohne Gurt		Rücksitz	
	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Total	39	100	17	100	17	100	9	100	5	(100)
Porsche 911	17	100	7	100	14	100	7	100	4	(100)
Porsche 924	16	100	7	100	3	(100)	2	(100)	1	(100)
Porsche 928	5	(100)	3	(100)	-	-	-	-	-	-
Kopf:	11	28	6	35	8	47	4	44	1	(20)
911	5	29	3	43	7	50	2	29	1	(100)
924	4	25	2	29	1	(33)	2	(100)	-	-
928	2	(40)	1	(33)	-	-	-	-	-	-
Hals:	4	10	2	12	2	12	1	11	-	-
911	1	6	-	-	1	7	1	14	-	-
924	2	13	1	14	1	(33)	-	-	-	-
928	1	(20)	1	(33)	-	-	-	-	-	-
Thorax:	3	8	4	24	7	41	3	33	-	-
911	1	6	2	29	6	43	2	29	-	-
924	1	6	2	29	1	(33)	1	(50)	-	-
928	1	(20)	-	-	-	-	-	-	-	-
Abdomen:	4	10	2	12	3	18	1	11	-	-
911	2	12	1	14	2	14	1	14	-	-
924	2	13	1	14	1	(33)	-	-	-	-
928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ob.Extr.re.:	1	3	1	6	4	24	1	11	1	(20)
911	1	6	-	-	4	29	1	14	1	(100)
924	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
928	-	-	1	(33)	-	-	-	-	-	-
Ob.Extr.li.:	2	5	-	-	6	35	-	-	-	-
911	-	-	-	-	5	36	-	-	-	-
924	2	13	-	-	1	(33)	-	-	-	-
928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unt.Extr.re.:	5	13	1	6	4	24	-	-	-	-
911	3	18	1	14	3	21	-	-	-	-
924	3	13	-	-	1	(33)	-	-	-	-
928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unt.Extr.li.:	5	13	-	-	3	18	-	-	-	-
911	3	18	-	-	2	14	-	-	-	-
924	1	6	-	-	1	(33)	-	-	-	-
928	1	(20)	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 12

Verletzungen einzelner Körperbereiche - ab AIS 3

	Fahrer mit Gurt		Beifahrer mit Gurt		Fahrer ohne Gurt		Beifahrer ohne Gurt	
	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Total	39	100	17	100	17	100	9	100
Kopf	6	15	4	24	4	24	1	11
Hals	2	5	1	6	2	12	1	11
Thorax	2	5	4	24	5	29	-	-
Abdomen	4	10	2	12	3	18	1	11
Ob. Extr. re.	1	3	-	-	2	12	-	-
Ob. Extr. li.	1	3	-	-	3	18	-	-
Unt.Extr. re.	5	13	1	6	3	18	-	-
Unt.Extr. li.	5	13	-	-	2	12	-	-

Tabelle 13

Verletzungsschweregrade einzelner Körperbereiche (AIS)

AIS	0	1	2	3	4	5	6	Total	Summe AIS / Anzahl Insassen
Kopf:									
Fahrer mit Gurt	13	15	5	1	–	3	2	39	1,41
Fahrer ohne Gurt	2	7	4	1	2	–	1	17	1,88
Beifahrer mit Gurt	7	4	2	4	–	–	–	17	1,18
Beifahrer ohne Gurt	2	3	3	–	–	1	–	9	1,56
Rücksitz	2	2	1	–	–	–	–	5	(0,8)
Hals:									
Fahrer mit Gurt	28	7	2	1	–	–	1	39	0,51
Fahrer ohne Gurt	13	2	–	2	–	–	–	17	0,47
Beifahrer mit Gurt	13	2	1	–	–	–	1	17	0,78
Rücksitz	5	–	–	–	–	–	–	5	(0,0)
Thorax:									
Fahrer mit Gurt	24	13	–	1	1	–	–	39	0,51
Fahrer ohne Gurt	9	1	2	3	1	1	–	17	1,35
Beifahrer mit Gurt	10	3	–	3	1	–	–	17	0,94
Beifahrer ohne Gurt	4	2	3	–	–	–	–	9	0,89
Rücksitz	5	–	–	–	–	–	–	5	(0,0)
Abdomen:									
Fahrer mit Gurt	30	5	–	2	1	1	–	39	0,51
Fahrer ohne Gurt	13	1	–	3	–	–	–	17	0,59
Beifahrer mit Gurt	14	1	–	1	–	1	–	17	0,53
Beifahrer ohne Gurt	8	–	–	–	1	–	–	9	0,44
Rücksitz	4	1	–	–	–	–	–	5	(0,0)
Ob. Extr. re.:									
Fahrer mit Gurt	32	6	–	1	–	–	–	39	0,23
Fahrer ohne Gurt	12	1	3	1	–	–	–	17	0,59
Beifahrer mit Gurt	12	4	1	–	–	–	–	17	0,35
Beifahrer ohne Gurt	9	6	2	1	–	–	–	9	0,44
Rücksitz	3	1	1	–	–	–	–	5	(0,6)
Ob. Extr. li.:									
Fahrer mit Gurt	26	11	1	1	–	–	–	39	0,41
Fahrer ohne Gurt	10	1	3	3	–	–	–	17	0,94
Beifahrer mit Gurt	15	2	–	–	–	–	–	17	0,12
Beifahrer ohne Gurt	8	1	–	–	–	–	–	9	0,11
Rücksitz	5	–	–	–	–	–	–	5	(0,0)

Tabelle 13 (Fortsetzung)

Verletzungsschweregrade einzelner Körperbereiche (AIS)

AIS	0	1	2	3	4	5	6	Total	Summe AIS / Anzahl Insassen
Unt. Extr. re.:									
Fahrer mit Gurt	30	4	-	4	1	-	-	39	0,51
Fahrer ohne Gurt	11	2	1	3	-	-	-	17	0,76
Beifahrer mit Gurt	15	1	-	1	-	-	-	17	0,24
Beifahrer ohne Gurt	7	2	-	-	-	-	-	9	0,22
Rücksitz	5	-	-	-	-	-	-	5	(0,0)
Unt. Extr. li.:									
Fahrer mit Gurt	32	2	-	5	-	-	-	39	0,44
Fahrer ohne Gurt	12	2	1	1	1	-	-	17	0,65
Beifahrer mit Gurt	16	1	-	-	-	-	-	17	0,06
Beifahrer ohne Gurt	8	1	-	-	-	-	-	9	0,11
Rücksitz	5	-	-	-	-	-	-	5	(0,0)

Tabelle 14

Absoluter Traumatisierungsgrad einzelner Körperbereiche (AIS_m x % Häufigkeit)

	Fahrer mit Gurt	Beifahrer mit Gurt	Fahrer ohne Gurt	Beifahrer ohne Gurt	Rücksitz	Total
Anzahl Insassen	39	17	17	9	5	87
Kopf:						
Anzahl Verl.	27	10	15	7	3	62
AIS_m	2,22	2,0	2,13	2,0	(1,67)	2,1
T	153,2	118,0	187,4	156,0	(100,2)	149,0
Hals:						
Anzahl Verl.	11	4	4	2	-	21
AIS_m	1,82	(2,5)	(2,0)	(3,5)	-	2,14
T	56,7	(60,0)	(48,0)	(77,0)	-	51,3
Thorax:						
Anzahl Verl.	16	7	8	5	-	36
AIS_m	1,38	2,29	2,88	(1,6)	-	1.92
T	57,0	93,7	135,0	(89,6)	-	79,0
Abdomen:						
Anzahl Verl.	9	3	4	1	1	18
AIS_m	2,22	(3,0)	(2,5)	(4,0)	(1,0)	2,44
T	51,1	(54,0)	(60,0)	(44,0)	(20,0)	51,3
Ob. Extr. re.:						
Anzahl Verl.	7	5	5	4	1	22
AIS_m	1,29	(1,2)	(2,0)	(1,5)	(1,0)	1,45
T	23,0	(34,8)	(58,0)	(66,0)	(20,0)	37,0
Ob. Extr. li.:						
Anzahl Verl.	13	2	7	1	-	23
AIS_m	1,23	(1,0)	2,29	(1,0)	-	1,52
T	40,6	(12,0)	93,7	(11,0)	-	39,6
Unt. Extr. re.:						
Anzahl Verl.	9	2	6	2	-	19
AIS_m	2,22	(2,0)	2,17	(1,0)	-	2,05
T	51,0	(24,0)	75,8	(22,0)	-	45,0
Unt. Extr. li.:						
Anzahl Verl.	7	1	5	1	-	14
AIS_m	2,43	(1,0)	(2,2)	(1,0)	-	2,14
T	44,0	(6,0)	(63,8)	(11,0)	-	34,0

Tabelle 15

Anprallstellen der Insassen im Fahrzeug

	Fahrer mit Gurt	Beifahrer mit Gurt	Fahrer ohne Gurt	Beifahrer ohne Gurt	Total
Anzahl Insassen	7	4	5	3 (+ 1R)	
Lenkrad	5	-	5	-	10
Dachkante	3	1	2	-	6
Armstützen	2	-	3	1	6
Armaturentafel	3	-	1	1	5
A - Pfosten	2	-	1	1	4
B - Pfosten	2	1	1	-	4
Tür und Türrahmen	1	-	2	1	4
Fensterkurbel	-	-	1	1	2
Sonnenblende	-	1	-	-	1
Spiegel	-	-	?	?	1
Handschuhfach	-	1	-	-	1
Pedale	1	-	-	-	1

Tabelle 16

Mehrfachverletzungen

	Fahrer mit Gurt		Beifahrer mit Gurt		Fahrer ohne Gurt		Beifahrer ohne Gurt		Rücksitz		Total	
	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Total	39	100	17	100	17	100	9	100	5	(100)	87	100
Anzahl der verletzten Körper-bereiche												
0	2	5	-	-	-	-	-	-	-		2	2
1	10	26	5	29	3	18	2	22	3	(60)	23	26
2	9	23	8	47	3	18	2	22	2	(40)	24	28
3	10	26	2	12	5	29	2	22	-	-	19	22
4	6	15	2	12	3	18	2	22	-	-	13	15
5	2	5	-	-	3	18	1	11	-	-	6	7

Tabelle 17

Verletzungskombination

	allein	+Kopf	+Hals	+Thorax	+Abd.	+Ob.Extr.	+Unt.Extr.
Kopf	14	-	15	23	12	28	23
Hals	3	15	-	9	4	8	5
Thorax	3	23	9	-	8	15	14
Abdomen	1	12	4	8	-	11	8
Ob. Extr.	1	28	8	18	11	-	17
Unt.Extr.	-	23	5	14	8	17	-

Tabelle 18

Absoluter Traumatisierungsgrad einzelner Körperbereiche - Vergleich bei angegurteten Fahrern ($n_{911} = 17$, $n_{924} = 16$) und Beifahrern ($n_{911, 924} = 7$) im Porsche 911 und 924

	Anzahl Verl.	AIS_m	Trauma-tisierung	T : B
Kopf:				
Fahrer im Porsche 911	11	2,36	153,6	49,07
924	12	1,58	111,7	35,69
Beifahrer im Porsche 911	4	(2,25)	(128,2)	(36,63)
924	3	(2,33)	(100,19)	(28,63)
Hals:				
Fahrer im Porsche 911	4	(2,25)	(54,0)	(17,25)
924	6	1,5	57,0	18,15
Beifahrer im Porsche 911	2	(1,0)	(29,0)	(8,29)
924	1	(2,0)	(28,0)	(8,0)
Thorax:				
Fahrer im Porsche 911	6	1,5	54,0	17,25
924	8	1,13	53,0	16,93
Beifahrer im Porsche 911	4	(2,25)	(128,25)	(36,64)
924	3	(2,33)	(100,3)	(28,66)
Abdomen:				
Fahrer im Porsche 911	6	1,83	64,17	20,05
924	3	(3,0)	(57,0)	(18,15)
Beifahrer im Porsche 911	1	(5,0)	(70,0)	(20,0)
924	2	(2,0)	(58,0)	(16,57)
Ob. Extr. re.:				
Fahrer im Porsche 911	3	(1,67)	(30,0)	(9,58)
924	4	(1,0)	(24,0)	(7,67)
Beifahrer im Porsche 911	-	-	-	-
924	2	(1,0)	(29,0)	(8,29)
Ob. Extr. li.:				
Fahrer im Porsche 911	6	1,0	35,0	11,18
924	7	1,43	62,86	20,02
Beifahrer im Porsche 911	-	-	-	-
924	1	(1,0)	(14,0)	(4,0)
Unt. Extr. re.:				
Fahrer im Porsche 911	6	2,0	70,0	22,36
924	3	(2,67)	(47,0)	(15,02)
Beifahrer im Porsche 911	1	(3,0)	(52,0)	(14,86)
924	1	(1,0)	(14,0)	(4,0)

Tabelle 18 (Fortsetzung)

Absoluter Traumatisierungsgrad einzelner Körperbereiche - Vergleich bei angegurteten Fahrern ($n_{911} = 17$, $n_{924} = 16$) und Beifahrern ($n_{911, 924} = 7$) im Porsche 911 und 924

	Anzahl Verl.	AIS_m	Traumatisierung	T : B
Unt. Extr. li.:				
Fahrer im Porsche 911	4	(2,5)	(60,0)	(19,17)
924	2	(2,0)	(26,0)	(8,28)
Beifahrer im Porsche 911	-	-	-	-
924	-	-	-	-

Tabelle 19a

Gesamtverletzungsschwere der Insassen (nach OAIS) bei verschiedenen Fahrzeugbeschädigungen (nach HUK)

Beschädigung	n 1	v	n 2	v	n 3	v	n 4	v	n 5	v
Fahrer mit Gurt	-	-	9	1,89	17	1,82	5	(3,0)	5	(5,4)
Fahrer ohne Gurt	2	(1,0)	4	(2,0)	4	(2,75)	-	-	4	(5,25)
Beifahrer mit Gurt	-	-	2	(1,0)	6	2,67	4	(2,5)	3	(5,0)
Beifahrer ohne Gurt	-	-	3	(3,33)	2	(3,0)	-	-	1	(1,0)
Rücksitz	-	-	3	(1,0)	-	-	-	-	2	(1,5)
Total	2	(1,0)	21	1,9	29	2,21	9	2,78	15	4,4

Tabelle 19b

Gesamtverletzungsschwere der Insassen (nach ISS) bei verschiedenen Fahrzeugbeschädigungen (nach HUK)

Beschädigung	n 1	v	n 2	v	n 3	v	n 4	v	n 5	v
Fahrer mit Gurt	-	-	9	7,67	17	7,67	5	(12,4)	5	(29,4)
Fahrer ohne Gurt	2	(1,5)	4	(6,75)	4	(16,5)	-	-	4	(38,25)
Beifahrer mit Gurt	-	-	2	(2,0)	6	10,5	4	(12,25)	3	(25,0)
Beifahrer ohne Gurt	-	-	3	(12,0)	2	(15,0	-	-	1	(1,0)
Rücksitz	-	-	3	(1,33)	-	-	-	-	2	(7,5)
Total	2	(1,5)	21	6,67	29	10,03	9	12,33	15	25,9

n = Anzahl der Insassen v = mittlere Verletzungsschwere

Tabelle 19c

Gesamtverletzungsschwere angegurteter Insassen nach OAIS in Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad der Fahrzeuge (nach HUK)

OAIS	0	1	2	3	4	5	6/6+
B = 1	-	-	-	-	-	-	-
B = 2	1	6	2	1	-	-	1
B = 3	1	10	2	8	1	1	-
B = 4	-	3	1	3	-	1	1
B = 5	-	-	-	1	1	1	5

Tabelle 19d

Gesamtverletzungsschwere nicht angegurteter Insassen nach OAIS in Abhängigkeit vom Beschädigungsgrad der Fahrzeuge (nach HUK)

OAIS	0	1	2	3	4	5	6/6+
B = 1	-	2	-	-	-	-	-
B = 2	-	4	4	1	-	-	1
B = 3	-	1	1	2	2	-	-
B = 4	-	-	-	-	-	-	-
B = 5	-	2	1	1	-	-	3

Tabelle 20

Beschädigungsgrade der Fahrzeuge (HUK-Skala) bei verschiedenen Kollisionsarten

Beschädigungsgrad	1	2	3	4	5	unbek.	Durchschnitt
Rechtss. Kollision	-	2	-	-	-	-	(2,0)
Linkss. Kollision	-	1	1	2	-	1	(3,25)
Heckaufprall	-	4	-	-	-	1	(2,0)
Frontalkollision	1	1	5	1	2	-	3,2
Ueberschlag	-	2	9	-	1	1	3,0
komplexer Unfall	1	3	6	2	6	4	3,5
Total	2	13	21	5	9	6	3,12

Tabelle 21

Sitzposition der Insassen bei verschiedenen Kollisionsarten

Kollisionstyp	Fahrer mit Gurt	Fahrer ohne Gurt	Beifahrer mit Gurt	Beifahrer ohne Gurt	Rücksitz
re. Seite	1	1	-	1	2
li. Seite	3	1	1	-	-
Heck	4	1	-	1	-
Frontal	6	4	2	1	1
Ueberschlag	8	5	5	2	1
komplex	17	5	9	4	1

Tabelle 22

Traumatisierungsgrad bei verschiedenen Kollisionsarten (Summe der ISS)

	n	Summe ISS	mittl. ISS
Rechtsseitige Kollision	5	36	7,2
Linksseitige Kollision	5	47	9,4
Heckaufprall	6	45	7,5
Frontalaufprall	14	175	12,5
Ueberschlag	21	233	11,1
komplexer Unfall	36	547	15,2

Tabelle 23

Verletzungsschwere (OAIS/ISS): Beschädigungsgrad bei verschiedenen Kollisionsarten

	Fahrer mit Gurt	Beifahrer mit Gurt	Fahrer ohne Gurt	Beifahrer ohne Gurt	Rücksitz	Total
Heckaufprall:						
Anzahl	4					4
ISS : B	(1,63)					(1,63)
OAIS: B	(0,75)					(0,75)
Linksseitige Kollision:						
Anzahl	3	1	1			5
ISS : B	(2,4)	(1,0)	(6,33)			(2,76)
OAIS: B	(0,7)	(0,5)	(1,0)			(0,71)
Rechtsseitige Kollision:						
Anzahl	1		1	1	2	5
ISS : B	(3,0)		(1,0)	(13,0)	(0,5)	(3,6)
OAIS: B	(1,07)		(0,5)	(2,0)	(0,5)	(1,1)
Frontal- aufprall:						
Anzahl	6	2	4	1	1	14
ISS : B	2,16	(1,86)	(7,92)	(3,0)	(2,4)	3,8
OAIS: B	0,58	(0,57)	(1,15)	(1,0)	(0,4)	0,74
Ueberschlag:						
Anzahl	8	5	4	2	1	20
ISS : B	1,78	(3,79)	(8,0)	(5,0)	(1,0)	4,21
OAIS: B	0,52	(0,93)	(1,15)	(1,2)	(0,5)	0,81
komplexer Unfall:						
Anzahl	14	7	4	2	1	28
ISS : B	5,84	4,32	(2,27)	(1,25)	(0,2)	4,25
OAIS: B	1,0	0,86	(0,64)	(0,38)	(0,2)	0,84

Tabelle 24

Verletzungsschwere einzelner Körperbereiche bei verschiedenen Kollisionsarten

Kollisionsart	re. Seite		li. Seite		Heck		Frontal		Ueberschlag		komplex		Summe	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
	5	6	5	6	6	7	14	16	21	24	36	41	87	100
Kopf:														
alle AIS	4	7	3	5	4	7	9	15	13	21	28	46	61	100
ab AIS 2	1	3	2	7	1	3	5	17	5	17	16	53	30	100
ab AIS 3	-	-	1	7	1	7	2	13	3	20	8	53	15	100
Hals:														
alle AIS	3	14	2	10	2	10	-	-	3	14	11	52	21	100
ab AIS 2	1	11	1	11	1	11	-	-	2	22	4	44	9	100
ab AIS 3	1	17	1	17	1	17	-	-	1	17	2	33	6	100
Thorax:														
alle AIS	1	3	2	6	3	9	5	13	11	31	13	37	35	100
ab AIS 2	-	-	-	-	-	-	2	11	9	50	6	33	18	100
ab AIS 3	-	-	-	-	-	-	1	8	6	50	4	33	12	100
Abdomen:														
alle AIS	2	11	-	-	-	-	5	28	3	17	8	44	18	100
ab AIS 2	-	-	-	-	-	-	1	10	3	30	6	60	10	100
ab AIS 3	-	-	-	-	-	-	1	10	3	30	6	60	10	100

Tabelle 24 (Fortsetzung)

Verletzungsschwere einzelner Körperbereiche bei verschiedenen Kollisionsarten

Kollisionsart	re. Seite		li. Seite		Heck		Frontal		Ueberschlag		komplex		Summe	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
	5	6	5	6	6	7	14	16	21	24	36	41	87	100
Ob. Extr. re.:														
alle AIS	-	-	1	5	2	9	3	14	8	36	8	36	22	100
ab AIS 2	-	-	-	-	1	13	1	13	4	50	2	25	8	100
ab AIS 3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	(33)	2	(67)	3	(100)
Ob. Extr. li.:														
alle AIS	-	-	1	4	1	4	7	30	7	30	7	30	23	100
ab AIS 2	-	-	-	-	1	14	-	-	5	71	1	14	7	100
ab AIS 3	-	-	-	-	1	(33)	-	-	1	(33)	1	(33)	3	(100)
Unt. Extr. re.:														
alle AIS	1	5	1	5	-	-	7	37	2	11	8	42	19	100
ab AIS 2	-	-	1	11	-	-	1	11	2	22	5	56	9	100
ab AIS 3	-	-	1	13	-	-	1	13	1	14	5	63	8	100
Unt. Extr. li.:														
alle AIS	1	7	3	21	-	-	2	14	3	21	5	36	14	100
ab AIS 2	-	-	2	25	-	-	1	13	2	25	3	38	8	100
ab AIS 3	-	-	2	29	-	-	1	14	3	29	2	29	7	100

Tabelle 25

Vergleich von Verletzungen einzelner Körperbereiche bei Frontalkollision, Ueberschlag und komplexem Unfallablauf

	Kopf		Hals		Thorax		Abdomen		Ob. Extr. rechts		Ob. Extr. links		Unt.Extr. rechts		Unt.Extr. links	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Frontal:																
(n = 14 = 100%)																
alle AIS	9	64	-	-	5	36	5	36	3	21	7	55	7	55	2	14
ab AIS 2	5	36	-	-	2	14	1	7	1	7	-	-	1	7	1	7
ab AIS 3	2	14	-	-	1	7	1	7	-	-	-	-	1	7	1	7
Ueberschlag:																
(n = 21 = 100%)																
alle AIS	13	62	3	14	11	52	3	14	8	38	7	33	2	10	3	14
ab AIS 2	5	24	2	10	9	43	3	14	4	19	5	24	2	10	2	10
ab AIS 3	3	14	1	5	6	29	3	14	1	5	1	5	1	5	2	10
komplexer Unf.:																
(n = 36 = 100%)																
alle AIS	28	78	11	31	13	36	8	22	8	22	7	19	8	22	5	14
ab AIS 2	16	44	4	11	6	17	6	17	2	6	1	3	5	14	3	8
ab AIS 3	8	22	2	6	4	11	6	17	2	6	1	3	5	14	2	6

Tabelle 26

Tödliche Verletzungen bei verschiedenen Sitzpositionen

	Anzahl insgesamt	Anzahl tödl. Verl.	%
Fahrer mit Gurt	39	4	14
Fahrer ohne Gurt	17	3	18
Beifahrer mit Gurt	17	3	18
Beifahrer ohne Gurt	9	2	22
Rücksitz	5	-	-
Total	87	12	14

Tabelle 27

Fahrzeugmodelle bei Unfällen mit tödlichen Insassenverletzungen

	n_i	n_{it}	%	n_u	n_{ut}	%
Porsche 911	49	9	11	31	8	14
Porsche 924	30	1	1	20	1	2
Porsche 928	8	2	2	5	1	2
Total	87	12	14	56	10	18

n_i : Anzahl aller Insassen

n_{it} : Anzahl tödlich verletzter Insassen

n_u : Anzahl aller Unfälle

n_{ut} : Anzahl der Unfälle, bei denen Insassen tödlich verletzt wurden

Tabelle 28

Ejektion bei verschiedenen Sitzpositionen (n_E = 15)

	Anzahl insgesamt	Anzahl Ejektion	%
Fahrer ohne Gurt	17	9	53
Beifahrer ohne Gurt	9	3	33
Rücksitz	5	1	20
Beifahrer mit Gurt	17	2	12
Fahrer mit Gurt	39	-	-

Tabelle 29

Gesamtverletzungsschwere bei Ejektion

	Ejektion	alle Unfälle
Anzahl der Insassen	15	87
$OAIS_m$	3,67	2,59
ISS_m	21,4	12,45
Anzahl der Insassen (Beschädigungsgrad des Fahrzeugs bekannt)	11	76
$OAIS_m$: B	1,0	0,82
ISS_m : B	6,73	3,86

$OAIS_m$: durchschnittliche Gesamtverletzungsschwere nach OAIS

ISS_m : durchschnittliche Gesamtverletzungsschwere nach ISS

B : Beschädigungsgrad der Fahrzeuge nach HUK

Tabelle 30

Absoluter Traumatisierungsgrad einzelner Körperbereiche bei Ejektion (n = 15)

	Anzahl der Verletzungen	AIS_m	T_E	T_i
Kopf	12	2,33	187	149
Hals	3	(2,33)	(47)	51,3
Thorax	8	2,5	133	79,0
Abdomen	5	(2,8)	(93)	51,3
Ob. Extr. re.	6	1,67	67	37,0
Ob. Extr. li.	6	2,17	87	39,6
Unt. Extr. re.	4	(2,25)	(60)	45,0
Unt. Extr. li.	4	(2,0)	(53)	34,0

AIS_m : mittlere Verletzungsschwere (nach AIS) bei den verschiedenen Körperbereichen

T_E : Absoluter Traumatisierungsgrad der verschiedenen Körperbereiche bei Ejektion

T_i : Absoluter Traumatisierungsgrad der verschiedenen Körperbereiche bei allen Unfällen

8.3. Unfallfotos - Kasuistik

Nr. 1

Porsche 911

B = 2, rechtsseitige Kollision, Aufprallrichtung 2 Uhr

Fahrer mit Gurt:

Schädel-Hirn-Trauma (AIS 2))	
Prellung Hals (AIS 1))	AIS 2
Prellung re. Rippenbogen	AIS 1
stumpfes Bauchtrauma	AIS 1
Prellung beide Knie	AIS 1

OAIS = 2, ISS = 6

Beifahrerin ohne Gurt:

Fraktur des 1. und 2. HWK	AIS 6
Schürfwunden re. Gesichtshälfte	AIS 1

OAIS = 6+, ISS = 26

Nr. 2

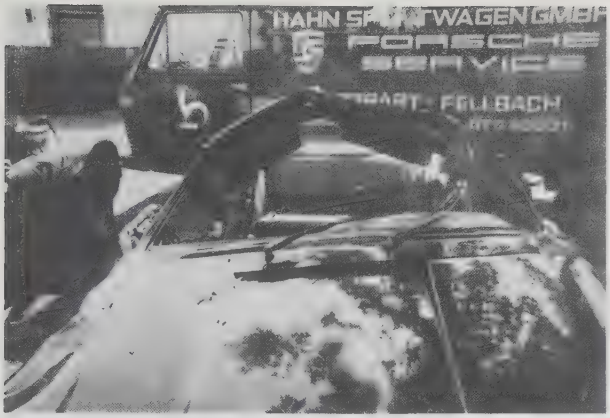
Porsche 911

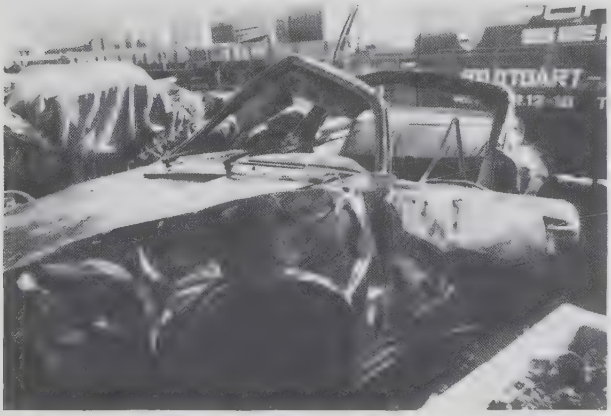
B = 2, komplexe Kollision mit Ueberschlag

Fahrer mit Gurt:

Schädel-Hirn-Trauma mit reaktivem Hirnödem	AIS 5
Schürfung Stirn	AIS 1
Thoraxtrauma mit Rippenserienfrakturen bds. (Reanimation?) (AIS 3) Lungenkontusion (AIS 3) Herzkontusion (AIS 4)	AIS 4
Schürfwunde re. Unterschenkel	AIS 1

OAIS = 6, ISS = 42


PORSCHE
SERVICE



Nr. 3

Porsche 911

B = 4, komplexe Kollision mit Baum, Aufprallrichtung 12 Uhr

Fahrer mit Gurt:

Schädel-Hirn-Trauma	AIS 2
perforierende Kinnplatzwunde	AIS 1
Thoraxprellung	AIS 1
Bimalleoläre Sprunggelenksfraktur li. (AIS 2) Trümmerfraktur Mittelfussknochen 3-5 re.(AIS 3)	AIS 3

OAIS = 3, ISS = 14

Beifahrerin mit Gurt:

Thoraxtrauma mit Rippenfraktur li. 9 + 10 (AIS 3) Herzkontusion (AIS 4)	AIS 4
Bauchtrauma mit Leberruptur (AIS 5) Magenruptur (AIS 4) Pankreaskontusion (AIS 3) Nierenprellung re. (AIS 3) inkompletter Querschnitt ab L_2 (AIS 3)	AIS 5

OAIS = 6, ISS = 41

Nr. 4

Porsche 928

B = 5, komplexe Kollision mit anderem PKW, Aufprallrichtung 3 Uhr

Fahrer mit Gurt:

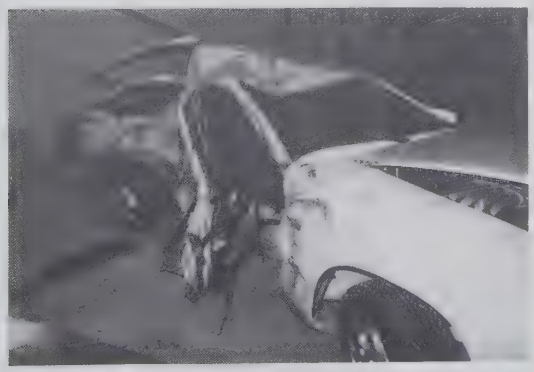
Weichteilverletzungen Hals	AIS 2
offene Gesichtsschädelfraktur	AIS 6
Thoraxprellung	AIS 1

OAIS = 6+, ISS = 30

Beifahrer mit Gurt:

Schädelprellung (AIS 1)) Fraktur des 1. und 2. HWK (AIS 6))	AIS 6
Gesichtsprellung	AIS 1
Prellung re. Schulter (AIS 1)) Prellung li. Oberschenkel (AIS 1))	AIS 1

OAIS = 6+, ISS = 27



Nr. 5

Porsche 911

B = 5, Frontalkollision, Aufprallrichtung 11 Uhr

Fahrerin mit Gurt (eingeklemmt):

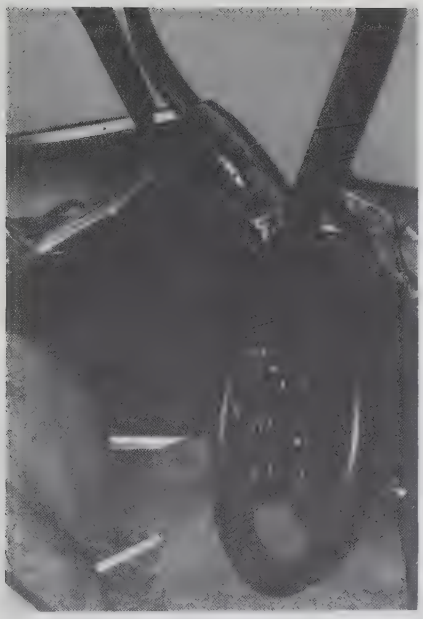
offene Gesichtsschädelfraktur li. fronto-parietal	AIS 6
schweres Thoraxtrauma (Impression) mit Rippenserienfraktur (AIS 3) und Hämatothorax (AIS 3)	AIS 3
stumpfes Bauchtrauma (AIS 3) mit Beckenfraktur (AIS 3)	AIS 3
multiple Frakturen beider Beine	AIS 3

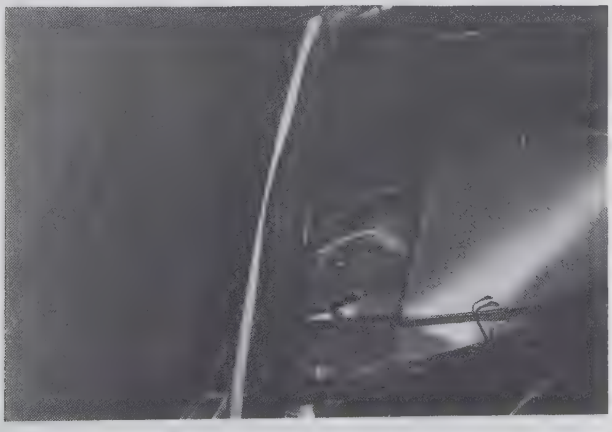
OAIS = 6+, ISS = 59

Kind auf dem Rücksitz (aus dem Fahrzeug geschleudert):

Schädel-Hirn-Trauma	AIS 2
ausgedehnte Weichteilverletzungen im Gesichtsbereich	AIS 2
Radiusfraktur re.	AIS 2

OAIS = 2, ISS = 12





Nr. 6

Porsche 924

B = 5, Ueberschlag

Fahrer ohne Gurt (aus dem Fahrzeug geschleudert):

Weichteilverletzungen Gesicht	AIS 1
Thoraximpression li.	AIS 4
stumpfes Bauchtrauma	AIS 3
multiple Weichteilverletzungen und Frakturen sämtlicher Extremitäten	AIS 4

OAIS = 6+, ISS = 41 (keine Obduktion!)

Nr. 7

Porsche 928

B = 4, linksseitige Kollision, Aufprallrichtung 9 Uhr

Fahrer mit Gurt:

Prellung li. Ohr	AIS 1
komplizierte offene Unterschenkel-trümmerfraktur li.	AIS 3

OAIS = 3, ISS = 10

Nr. 8

Porsche 924

B = 4, Frontalkollision, Aufprallrichtung 11 Uhr

Fahrer mit Gurt:

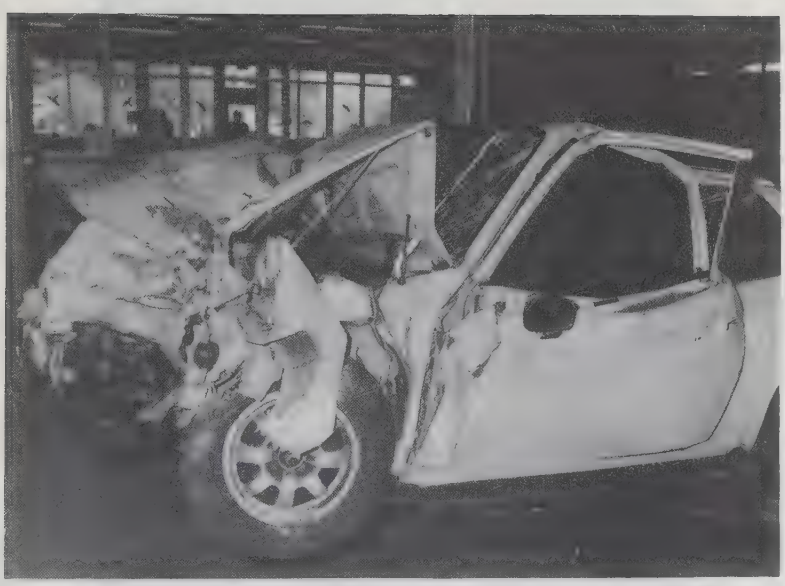
Schädel-Hirn-Trauma mit subduralem Hämatom re. frontoparietal (AIS 5) und Stammhirnkontusion (AIS 5)	AIS 5
multiple kleine Schnittwunden im Gesicht (AIS 1) Bulbuskontusion re. (AIS 1)	AIS 1

OAIS = 5, ISS = 26

Beifahrer mit Gurt:

Thoraxprellung	AIS 1
stumpfes Bauchtrauma	AIS 1
Schnittverletzung li. Hand (AIS 1) Prellung li. Unterarm (AIS 1) Prellung re. Knie (AIS 1)	AIS 1

OAIS = 1, ISS = 3



Nr. 9

Porsche 928

B = 3, Ueberschlag

Fahrerin mit Gurt:

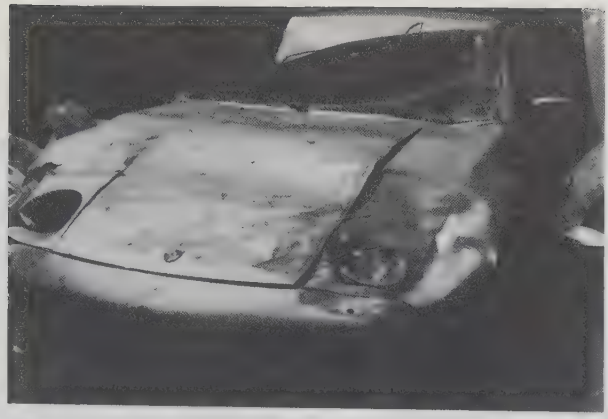
keine Verletzungen	AIS 0

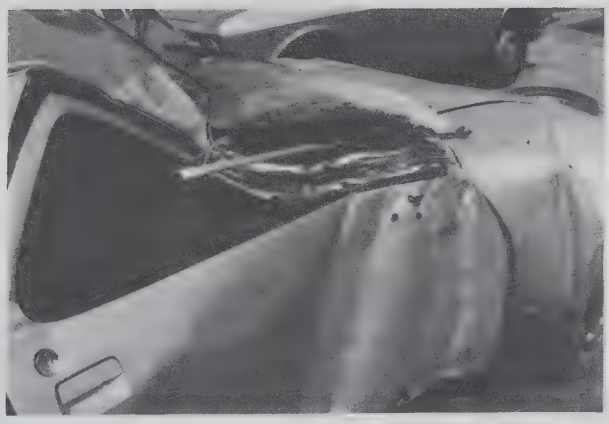
OAIS = 0, ISS = 0

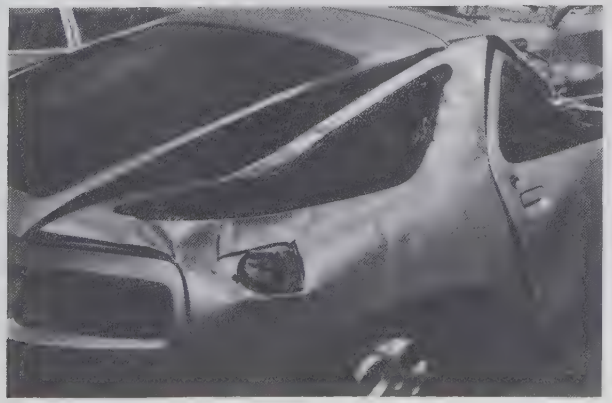
Beifahrer mit Gurt (11-jähriges Kind):

ausgedehnte Weichteilverletzungen Schädel	AIS 2
offene Stirnbeinfraktur	AIS 3
Schürfwunden re. Arm	AIS 1

OAIS = 3, ISS = 14







Nr. 10

Porsche 911

B = 3, Ueberschlag

Fahrer ohne Gurt (aus dem Fahrzeug geschleudert):

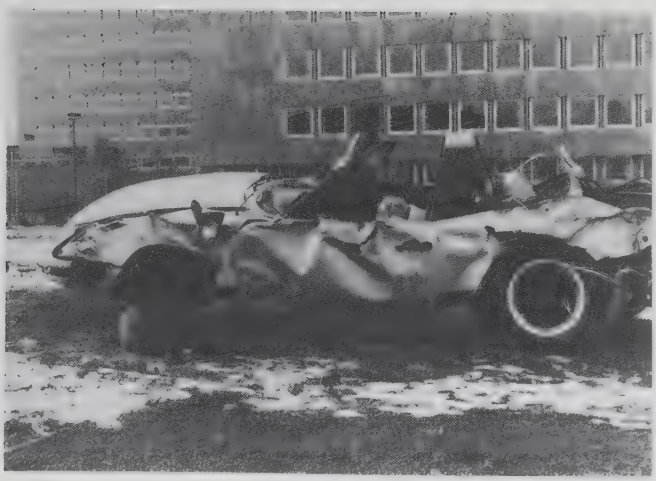
gedecktes Schädel-Hirn-Trauma (AIS 4)	AIS 4
Fraktur des 7. HWK (AIS 3)	
Ober- und Unterkieferfraktur	AIS 2
Thoraxtrauma mit	AIS 3
Rippenserienfrakturen re. und li. (AIS 3)	
Hämatothorax (AIS 3)	
Lungenkontusion (AIS 3)	
Schulterblattfraktur li.	AIS 2

OAIS = 4, ISS = 36

Beifahrer mit Gurt:

gedecktes Schädel-Hirn-Trauma	AIS 3
Gesichtsschädelfraktur nach Le Fort III (AIS 4)	AIS 4
otobasale Fraktur (AIS 3)	
Oberkieferfraktur (AIS 2)	
ausgedehnte Weichteilverletzungen im Gesicht (AIS 2)	

OAIS = 4, ISS = 25



Nr. 11

Porsche 924

B = 5, komplexe Kollision mit Baum, Aufprallrichtung 1 Uhr

Fahrer mit Gurt:

Schädel-Hirn-Trauma (AIS 2))	AIS 2
multiple Platzwunden Schädel (AIS 2))	
stumpfes Bauchtrauma mit)	
Dünndarmzerreissung (AIS 5) und)	AIS 5
Mesenterialeinriss (AIS 4))	
multiple Schnittwunden li. Hand (AIS 1))	
Oberschenkelfraktur re. (AIS 3))	AIS 3
offene Unterschenkeltrümmerfraktur re. (AIS 3))	

OAIS = 5, ISS = 45

Beifahrerin mit Gurt (aus dem Fahrzeug geschleudert):

multiple Schnittverletzungen Gesicht	AIS 2
Fraktur der LWS	AIS 3
Schürfungen re. Ellbogen	AIS 1

OAIS = 3, ISS = 14

Nr. 12

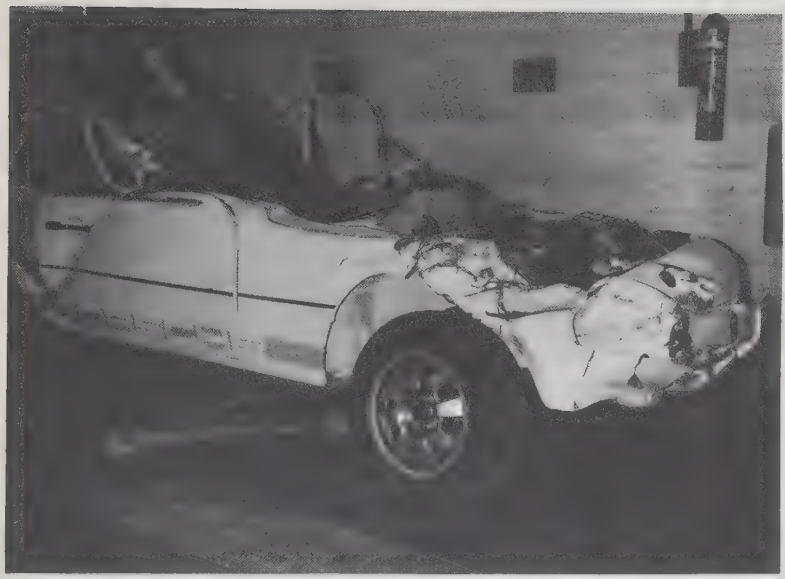
Porsche 924

B = 5, komplexe Kollision mit Leitplanke, Aufprallrichtung 12 Uhr

Fahrer mit Gurt:

Schädel-Hirn-Trauma (AIS 4) mit ausgedehnten Weichteilverletzungen am Schädel (AIS 2)	AIS 4
multiple Weichteilverletzungen im Gesicht	AIS 2
Einzelrippenfraktur li.	AIS 1
Claviculafraktur mit Schultergelenksprengung li. (AIS 3) offene Unterschenkelfraktur li. (AIS 3)	AIS 3

OAIS = 4, ISS = 29



9. ANHANG

9.1. F R A G E B O G E N

Dieser Fragebogen wird ausschließlich für rein wissenschaftliche Untersuchungen verwendet

Beiliegende Fotos sollten zurückgesandt werden ☐ ja ☐ nein

Fall-Nr.:

Zutreffendes bitte ankreuzen, bzw. handschriftlich vermerken.

		Fahrer	Beifahrer	hinten links	hinten mitte	hinten rechts
Welche Plätze waren im Pkw besetzt		☐	☐	☐	☐	☐
Welche Insassen wurden verletzt		☐	☐	☐	☐	☐
Welche Insassen waren durch Gurte gesichert		☐	☐	☐	☐	☐
Art des Gurtes: Hersteller evtl. Typbezeichnung						
2-Pkt Schultergurt		☐	☐	☐	☐	☐
2-Pkt Schultergurt mit Kniepolster		☐	☐	☐	☐	☐
2-Pkt Beckengurt		☐	☐	☐	☐	☐
3-Pkt Gurt statisch		☐	☐	☐	☐	☐
3-Pkt Automatikgurt		☐	☐	☐	☐	☐
sonstiges Rückhaltesystem						
Gurt angelegt	straff	☐	☐	☐	☐	☐
	mittel	☐	☐	☐	☐	☐
	locker	☐	☐	☐	☐	☐
Gurt	nicht beschädigt	☐	☐	☐	☐	☐
	gedehnt	☐	☐	☐	☐	☐
	gerissen	☐	☐	☐	☐	☐
	Verankerungspkte beschädigt	☐	☐	☐	☐	☐
	sonstige Beschäd. (welcher Art)					

		Fahrer	Beifahrer	hinten links	hinten mitte	hinten rechts
Sitzstellung:	vorne	☐	☐			
	mitte	☐	☐			
	hinten	☐	☐			
Kopfstützen vorhanden:	nein	☐	☐	☐		☐
ja	aufsteckbar	☐	☐	☐		☐
	versenkbar	☐	☐	☐		☐
	integriert	☐	☐	☐		☐
Körpergröße/ Gewicht		/	/	/	/	/
Alter						
Geschl.	männlich	☐	☐	☐	☐	☐
	weiblich	☐	☐	☐	☐	☐
Woran haben Sie sich verletzt?						
Verletzungen:						

Windschutzscheibe beschädigt? ja ☐ nein ☐

Art des Windschutzscheibenglases:

Einschichtglas (Sekurit) ☐ Verbundglas ☐

Zusätzliche Belastung der Sitzlehne von hinten durch Personen bzw. Gegenstände beim Unfall vorhanden?

ja: Fahrersitz ☐ Beifahrersitz ☐ nein ☐

Hatten Sie nach dem Unfall Schwierigkeiten den Gurt zu lösen?

ja ☐ nein ☐

(wenn ja, welche?)

Sonstige, Ihnen wichtig erscheinende Angaben:

Wichtig, bitte auch ausfüllen !

Fall-Nr.:

Fahrer:

Name
Vorname
geb.
Strasse
Wohnort

behandelnder Arzt
Krankenhaus
Strasse
Ort

Beifahrer:

Name
Vorname
geb.
Strasse
Wohnort

behandelnder Arzt
Krankenhaus
Strasse
Ort

Beifahrer:

Name
Vorname
geb.
Strasse
Wohnort

behandelnder Arzt
Krankenhaus
Strasse
Ort

Sonstige Angaben bezügl. der ärztlichen Behandlung:

9.2. Unfallanalyse - Medizinischer Fragebogen

Unfall am: um:

in:

Angaben über den Verletzten:

Name: Vorname:

geb.: Alter:

männl.: ( ) weibl.: ( )

Beruf:

Fahrer: ( ) Beifahrer: ( )

Gewicht:

Grösse:

Vorkrankheiten:

Chron. Leiden:

Risikofaktoren:

Verlauf am Unfallort:

Zeit bis zum Beginn der Ersten Hilfe:

Technische Hilfeleistungen (Bergefahrzeuge?
Geräte?)

Zustand des Verletzten: Atmung
Herz - Kreislauf
Bewusstseinslage
Blutung
sichtbare Verletzungen

Verdachtsdiagnose durch: Laien
Rettungsdienst
Aerzte

Durchgeführte Massnahmen: von Laien = L
Rettungsdienst = R
Arzt = A

Lagerung:

( ) Rückenlage
( ) Seitenlage
( ) Bauchlage
( ) Schocklagerung
( ) sitzende Lagerung

Verband:

( ) Blutstillung ( ) arteriell ( ) venös
( ) Druckverband
( ) Lagerung
( ) Klemmen
( ) digitale Kompression
( ) Abbindung

Ruhigstellung durch:

( ) Lagerung
( ) Vakuummatraze
( ) Pneumoschiene
( ) Cramerschiene
( ) Extensionsschiene
( ) Sonstiges:

Sonstige Massnahmen:

( ) absaugen
( ) Guedeltubus
( ) Intubation
( ) Narkose i.v.
( ) Narkose Inhalation
( ) Beatmung Atemspende
( ) mit technischem Gerät
( ) O_2 - Inhalation
( ) Injektion i.m.
( ) i.v.
( ) i.c.
( ) Infusion peripher
( ) Subclavia - Katheter
( ) Coniotomie
( ) EKG - Ueberwachung
( ) externe HDM
( ) Defibrillation
( ) Sonstiges:

Verwendete Medikamente:

( ) Infusionen:

( ) Wiederbelebung:

( ) Analgetica:

( ) Sedativa:

( ) Kreislauf:

( ) Narkotika:

( ) Sonstiges:

Transportverlauf:

Zeitkette:

Unfalleintritt
Unfallmeldung
Ausrücken RTW
Eintreffen RTW
Anforderung Notarzt (NA)
Eintreffen NA
Dauer NA-Behandlung
Abfahrt Unfallort
Ankunft Klinik

Transportmittel:

( ) PKW
( ) RTW
( ) RTW mit Arzt
( ) Notarztwagen
( ) Rettungshubschrauber

Zustand des Verletzten:

Atmung
Herz - Kreislauf
Bewusstseinslage

Massnahmen:

( ) Intubation
( ) Beatmung
( ) HDM
( ) Narkose
( ) Lagerung:
( ) Infusionen:
( ) Medikamente
( ) Sonstiges:

Klinischer Verlauf:

Festgestellte Verletzungen:

Kopf
( ) Prellungen Gesicht
( ) Weichteilverletzungen Gesicht
( ) Prellungen Schädel
( ) Weichteilverletzungen Schädel
( ) Fraktur Kalotte geschlossen
( ) offen
( ) Fraktur Gesichtsschädel geschlossen
( ) offen
( ) Gehirnverletzung I. Grades
( ) Gehirnverletzung II. Grades
( ) Gehirnverletzung III. Grades
( ) Subdurales Hämatom
( ) Epidurales Hämatom
( ) Verletzung von Sinnesorganen:
( ) Auge re.
( ) li.
( ) Ohr re.
( ) li.
( ) Nase
( ) Sonstiges:

Hals
( ) Weichteilverletzung
( ) Organverletzung:
( ) Sonstiges:

Thorax

( ) Brustwandprellung
( ) Weichteilverletzung
( ) Einzelrippenfraktur geschlossen
( ) offen
( ) Rippenserienfraktur einseitig geschlossen
( ) offen
( ) beidseitig geschlossen
( ) offen
( ) Sternumfraktur
( ) Pneumothorax einseitig
( ) beidseitig
( ) Hämatothorax einseitig I. Grades
( ) II. Grades
( ) III. Grades
( ) beidseitig I. Grades
( ) II. Grades
( ) III. Grades
( ) Lungencontusion
( ) Lungenverletzung
( ) Herzcontusion
( ) Herzruptur
( ) Herzbeutelruptur
( ) Aortenruptur
( ) Ruptur grosser Gefässe
( ) Zwerchfellruptur
( ) Sonstiges:

Abdomen

( ) Prellungen
( ) Weichteilverletzungen
( ) Milzruptur
( ) Leberruptur
( ) Pankreasläsion
( ) Magen - Darm - Verletzung
( ) Nieren- und Uretherverletzung

Abdomen ff.
( ) Blasen- und Urethraverletzung
( ) Gefässverletzung
( ) Beckenfraktur
( ) Verletzung im Damm- und Gesässbereich
( ) Hämaskos
( ) Sonstiges:

Wirbelsäule
( ) 1. u. 2. HW ohne RM - Verletzung
( ) mit RM - Verletzung
( ) 3. - 7. HW ohne RM - Verletzung
( ) mit RM - Verletzung
( ) BWS ohne RM - Verletzung
( ) mit RM - Verletzung
( ) LWS ohne RM - Verletzung
( ) mit RM - Verletzung

obere Extr.
( ) Prellungen re.
( ) li.
( ) Weichteilverletzungen re.
( ) li.
( ) grosse Weichteilverletzungen und Luxationen re.
( ) li.
( ) geschlossene Frakturen einfach re.
( ) li.
( ) multipel re.
( ) li.
( ) offene Frakturen einfach re.
( ) li.
( ) multipel re.
( ) li.
( ) Amputation
( ) Sonstiges:

untere Extr. ( ) Prellungen re.
( ) li.
( ) Weichteilverletzungen re.
( ) li.
( ) grosse Weichteilverletzungen und Luxationen re.
( ) li.
( ) geschlossene Frakturen einfach re.
( ) li.
( ) multipel re.
( ) li.
( ) offene Frakturen einfach re.
( ) li.
( ) multipel re.
( ) li.
( ) Amputation
( ) Sonstiges:

( ) Verbrennung I. Grades % Körperoberfläche
( ) II. Grades % Körperoberfläche
( ) III. Grades % Körperoberfläche

Lokalisation:

( ) Schock

( ) Blutverlust ca.

( ) Gurtmale

Ueberlebenschance ( ) mit
( ) bedingt
( ) ohne

Schweregrad der Verletzung nach OAIS: ( ) 1
( ) 2
( ) 3
( ) 4
( ) 5
( ) 6

Schäden durch fehlerhafte Hilfeleistung:

Erstversorgung: ( ) OP

( ) konservativ

Medikamente:

Infusionen:

Sonstiges:

Weitere Therapie: ( ) ambulant
Name des behandelnden Arztes:

stationär:

( ) verlegt nach:

am:

Verlauf:

Komplikationen:

Entlassung aus stationärer Behandlung:

nach wieviel Tagen?

geheilt?

Entlassung aus ambulanter Behandlung:

nach wieviel Tagen?

geheilt?

Prognose:

Voraussichtliche Dauer der stationären Behandlung:

Voraussichtliche Dauer der ärztlichen Behandlung:

Bleibende Schäden (vermeidbar):

9.3. Verletzungsskala nach OAIS / AIS

(Auszug aus Abbreviated Injury Scale)

Schlüssel der Verletzungsschwere (AIS)	Kategorie der Verletzungsschwere	Beschreibung der Verletzung
		Kopf und Hals
1	Geringfügig	Hirnverletzungen mit Kopfschmerzen, Schwindelgefühle, kein Bewußtseinsverlust. Halswirbelverletzungen, Beschwerden mit keinen anatomischen oder radiologischen Befunden (Schleudertrauma). Abschürfung, Quetschung oder Augenverletzung (Lid, Bindehaut, Hornhaut, Gefäßhaut im Augeninneren). Vitreus oder Netzhautbluten,Lidrisse.
2	Mäßig	Gehirnerschütterung mit oder ohne Schädelbruch, unter 15 Min. bewußtlos. Basilare oder lineare Brüche, kein Bewußtseinsverlust. Nicht verschobener Gesichtsbruch. Nicht verschobener Nasenbruch. Risse der Hornhaut oder der äußeren Hülle des Augapfels. Loslösung der Netzhaut.
3	Schwer (nicht lebensbedrohlich)	Gehirnerschütterung mit oder ohne Schädelbruch, über 15 Min. bewußtlos, aber ohne schwere neurologische Anzeichen. Geschlossener und verschobener oder eingedrückter Schädelbruch ohne Bewußtlosigkeit oder anderen Anzeichen von Verletzungen innerhalb des Schädels. Augenverlust. Abtrennung des Augennervs. Verschobener und/oder offener Gesichtsknochenbruch mit antralen oder orbitalen Verwicklungen. Halswirbelbruch ohne Schädigung des Rückenmarks.
4	Schwer (lebensbedrohlich)	Geschlossener und verschobener oder eingedrückter Schädelbruch, mit schweren neurologischen Verletzungen.
5	Kritisch (Überleben unsicher)	Gehirnerschütterung mit oder ohne Schädelbruch, mit über 12 Std. Bewußtlosigkeit, mit Blutsturz innerhalb des Schädels und/oder schweren neurologischen Anzeichen.

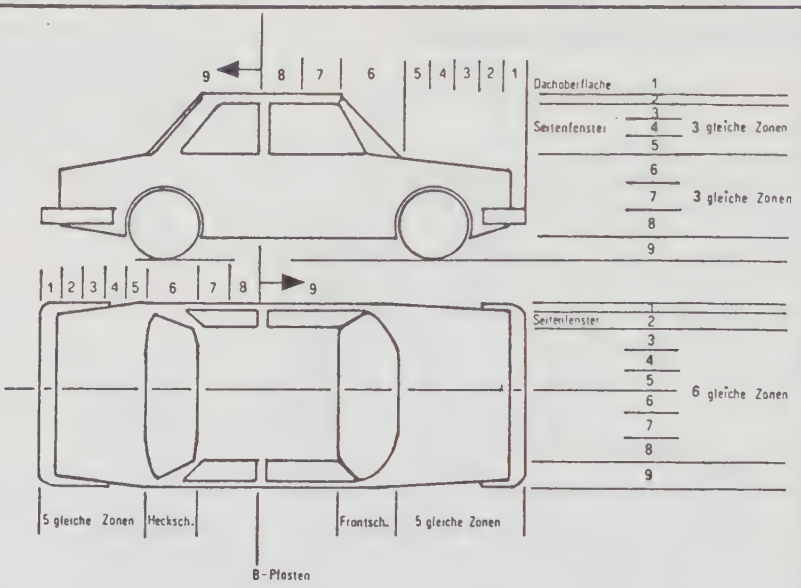
Schlüssel der Verletzungsschwere (AIS)	Kategorie der Verletzungsschwere	Beschreibung der Verletzung
5	Kritisch (Überleben unsicher)	Halswirbelverletzung ab C-4 abwärts mit Schädigung des Rückenmarks. Verstopfung der oberen Luftwege mit bedenklichen Atmungsschwierigkeiten.
6	Maximale Verletzungsschwere (kein Überleben)	Enthauptung, teilweise oder vollständig Druckverletzung oder Zerreißung des Gehirnstammes oder der oberen Halswirbel. Bruch und/oder Verrenkung der oberen Halswirbel mit Schädigung des Rückenmarks.
		Brustkorb
2	Mäßig	Geschlossener Rippenbruch ohne Atmungsschwierigkeit. Geschlossener Brustbeinbruch. Größere Quetschung der Brustkorbwand ohne Blut- und Luftansammlung im Pleuraraum, oder Atmungsschwierigkeiten. Geringfügiger Kompressionsbruch.
3	Schwer (nicht lebensbedrohlich)	Blut- und Luftansammlung im Pleuraraum (Hämato- und Pneumatothorax). Zwerchfellriß. Lungenquetschung Brustwirbelbruch ohne Nervenschädigung.
4	Schwer (lebensbedrohlich)	Offene Brustkorbwunde. Zerdrückter Brustkorb. Pneumamediastinum. Myokardiale Quetschung ohne Kreislaufbeschwerden. Perikardiale Risse.
5	Kritisch (Überleben unsicher)	Brustkorbverletzung mit starken Atmungsschwierigkeiten (Avulsion der Luftröhre, Hämamediastinum etc.) Aortariß. Herzmuskelriß oder Quetschung mit Atmungsschwierigkeiten.
6	Maximale Verletzungsschwere (kein Überleben)	Durchtrennung des Oberkörpers.

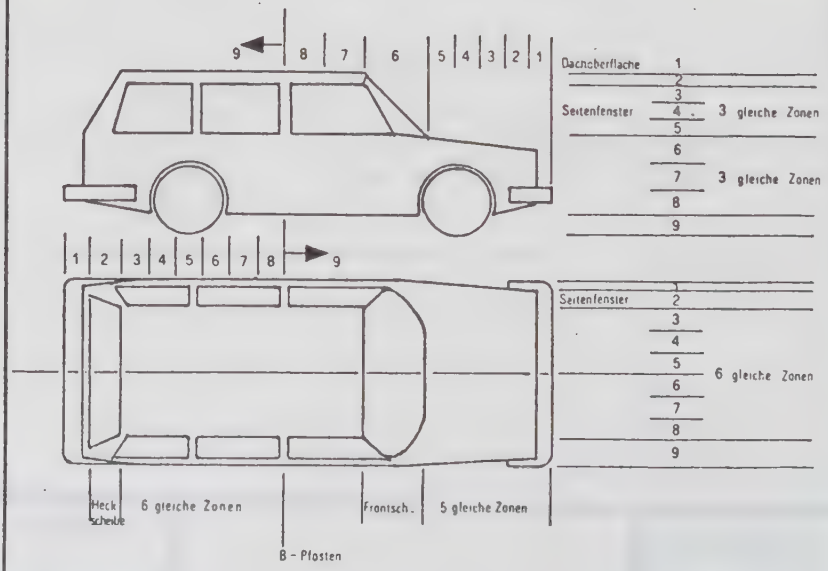
Schlüssel der Verletzungsschwere (AIS)	Kategorie der Verletzungsschwere	Beschreibung der Verletzung
		Unterleib
1	Geringfügig	Oberbauch und/oder Lendenzerrung.
2	Mäßig	Geringfügiger Kompressionsbruch.
3	Schwer (nicht lebensbedrohlich	Quetschungen von Unterleibsorganen. Extraperitoneale Blasensprengung. Retroperitonealer Blutsturz. Avulsion der Urethra. Lendenwirbelsäulenbruch ohne Nervenschädigung.
4	Schwer (lebensbedrohlich)	Oberflächenrisse von intraabdominalen Organen (einschließlich Ruptur der Milz, der Nieren und Verletzungen am Ende der Bauchspeicheldrüse). Intraperitopeale Blasenruptur. Brust- und/oder Lendenwirbelsäulenbruch mit Zerstörung der Nervenwurzeln. Avulsion der Genitalien.
5	Kritisch (Überleben unsicher)	Ruptur, Avulsion oder extensive Risse der intraabdominalen Gefäße oder Organe, außer Nieren, Milz und Harnleiter.
		Extremitäten und/oder Beckengürtel
1	Geringfügig	Fingerverstauchung, Bruch und/oder Verrenkung.
2	Mäßig	Nicht verschobener Bruch der großen Knochen und des Beckens. Verstauchung von wichtigen Gelenken.
3	Schwer (nicht lebensbedrohlich)	Verschobener und/oder offener Bruch von einfachen Gliedern. Mehrfache Hand- und Fußbrüche. Verschobener Beckenbruch mit oder ohne Verrenkung. Verrenkung von wichtigen Gelenken. Mehrfache Amputationen von Fingern.
4	Schwer (lebensbedrohlich)	Geschlossene Knochenbrüche bei mehreren Gliedern. Amputation von Körpergliedern.
5	Kritisch (Überleben unsicher)	Offene Brüche von mehreren Gliedern.

Schlüssel der Verletzungsschwere (AIS)	Kategorie der Verletzungsschwere	Beschreibung der Verletzung
		Generell (übrige Körperregionen)
1	Geringfügig	Allgemeine Schmerzen. Oberflächenabschürfung, Quetschung, Riß (ambulante Behandlung). Alle Verbrennungen ersten Grades. Unbedeutende Verbrennungen zweiten und dritten Grades (1% - 1o% Körperoberfläche.
2	Mäßig	wesentliche Abschürfung Wesentliche Quetschung Tiefer und/oder ausgedehnter Riß. Verbrennungen zweiten und dritten Grades (11% - 2o% Körperoberfläche).
3	Schwer (nicht lebensbedrohlich)	Risse, bei denen wichtige Nerven und/oder Gefäße betroffen sind. Verbrennungen zweiten und dritten Grades (21% - 3o% Körperoberfläche).
4	Schwer (lebensbedrohlich)	Verbrennungen zweiten und dritten Grades (31% - 5o% Körperoberfläche).
5	Kritisch (Überleben unsicher)	Verbrennungen zweiten oder dritten Grades (über 5o% Körperoberfläche).
6	Maximale Verletzungsschwere (kein Überleben)	Verbrennungen zweiten und dritten Grades (8o% und mehr Körperoberfläche, einschließlich vollständiger Verbrennung.

9.4. Beschädigungsgrad nach VDI

9.4. VDI


9 8 7 6 5 4 3 2 1
Dachoberfläche
Seitenfenster
3 gleiche Zonen
3 gleiche Zonen
1 2 3 4 5 6 7 8 9
Seitenfenster
6 gleiche Zonen
5 gleiche Zonen
Hecksch.
Frontsch.
5 gleiche Zonen
B-Pfosten


9 8 7 6 5 4 3 2 1
Dachoberfläche
Seitenfenster
3 gleiche Zonen
3 gleiche Zonen
1 2 3 4 5 6 7 8 9
Seitenfenster
6 gleiche Zonen
Heck scheibe
6 gleiche Zonen
Frontsch.
5 gleiche Zonen
B-Pfosten

9.5. Definition des Beschädigungsgrades nach HUK

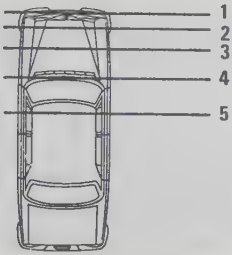
Nachfolgende Bildbeispiele zeigen die Beschädigungsgrade der Fahrzeuge für Heck-/Front- und Seitenschäden

Definition des Beschädigungsgrades

Der in fünf Stufen definierte Beschädigungsgrad des HUK-Verbandes gibt eine Klassifizierung der Unfallschwere an, wobei Deformationstiefe und -umfang des Unfallfahrzeuges berücksichtigt werden. Die Definition des Beschädigungsgrades orientiert sich vor allem daran, ob und in welchem Umfang tragende Teile der Karosserie deformiert wurden und ob die Schutzfunktion der Fahrgastkabine eingeschränkt oder aufgehoben wurde. Jeweils relativ zum betreffenden Unfallfahrzeug wird damit auch angegeben, in welchem Masse die möglichen Strukturdeformationen verbraucht wurden und welche Deformationsreserven noch vorhanden waren.

Zusammen mit den anderen Angaben Anstossfläche, Anstossrichtung, Kollisionstyp mit Ueberdeckungsgrad ist die HUK-Beschädigungsklassifizierung dem Vehicle-Deformation-Index vergleichbar.

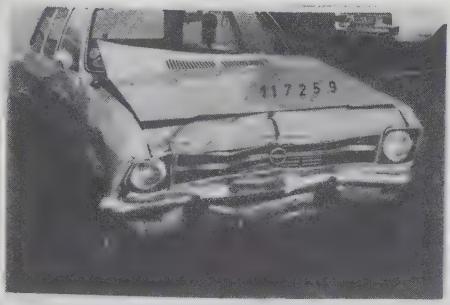
Für alle wichtigen Fahrzeugmodelle ist eine Bilddokumentation des Beschädigungsgrades für Front-, Seiten- und Heckkollisionen vorhanden, die auszugsweise in typischen Beispielen angegeben wird.



Beschädigungsgrad Front

1 - leicht

leichte Frontbeschädigung ohne Deformation tragender Teile



2 - mäßig

mäßige Beschädigung tragender Teile

3 - schwer

schwere Beschädigung der Frontstruktur einschließlich Vorderachse

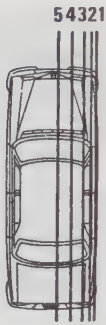
4 - extrem

extreme Beschädigung der Frontstruktur mit leichter Deformation der Fahrgastzelle

5 - total

totale Beschädigung der Frontstruktur und der Fahrgastzelle

HUK Verband	Klassifizierung der Fahrzeugbeschädigung Beispiel für Front	Anhang 4 Bild 1



Beschädigungsgrad Seite

1 - leicht

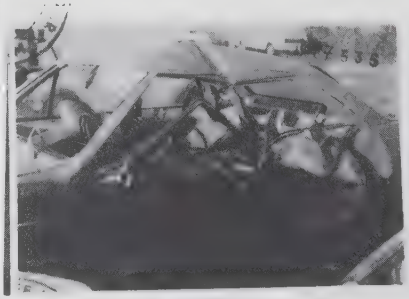
leichte Seitenbeschädigung ohne Eindringung in die Fahrgastzelle

2 - mäßig

großflächige Seitenbeschädigung mit leichter Eindringung in die Fahrgastzelle

3 - schwer

schwere Seitenbeschädigung mit mäßiger Eindringung in die Fahrgastzelle



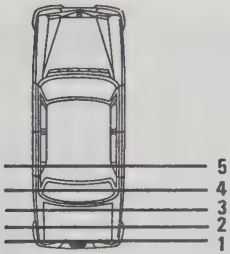
4 - extrem

extreme Seitenbeschädigung mit schwerer Eindringung in die Fahrgastzelle

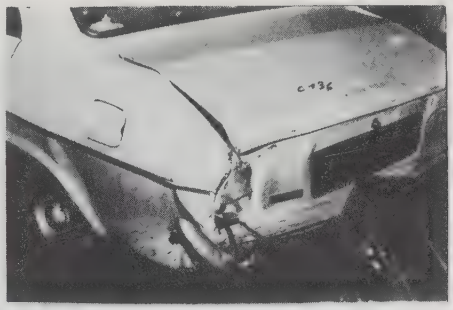
5 - total

totale Verformung (Zerstörung) der Fahrgastzelle

HUK Verband	Klassifizierung der Fahrzeugbeschädigung Beispiel für Seite	Anhang 4 Bild 2

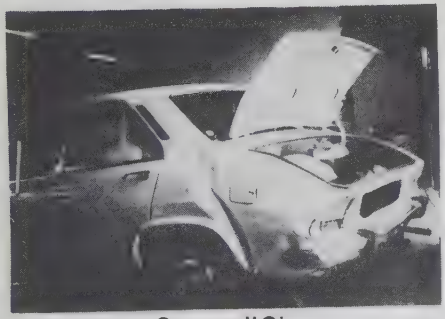


Beschädigungsgrad Heck



1 - leicht

leichte Heckbeschädigung ohne Deformation tragerder Teile



2 - mäßig

mäßige Beschädigung tragender Teile

3 - schwer

schwere Beschädigung der Heckstruktur einschließlich Hinterachse

4 - extrem

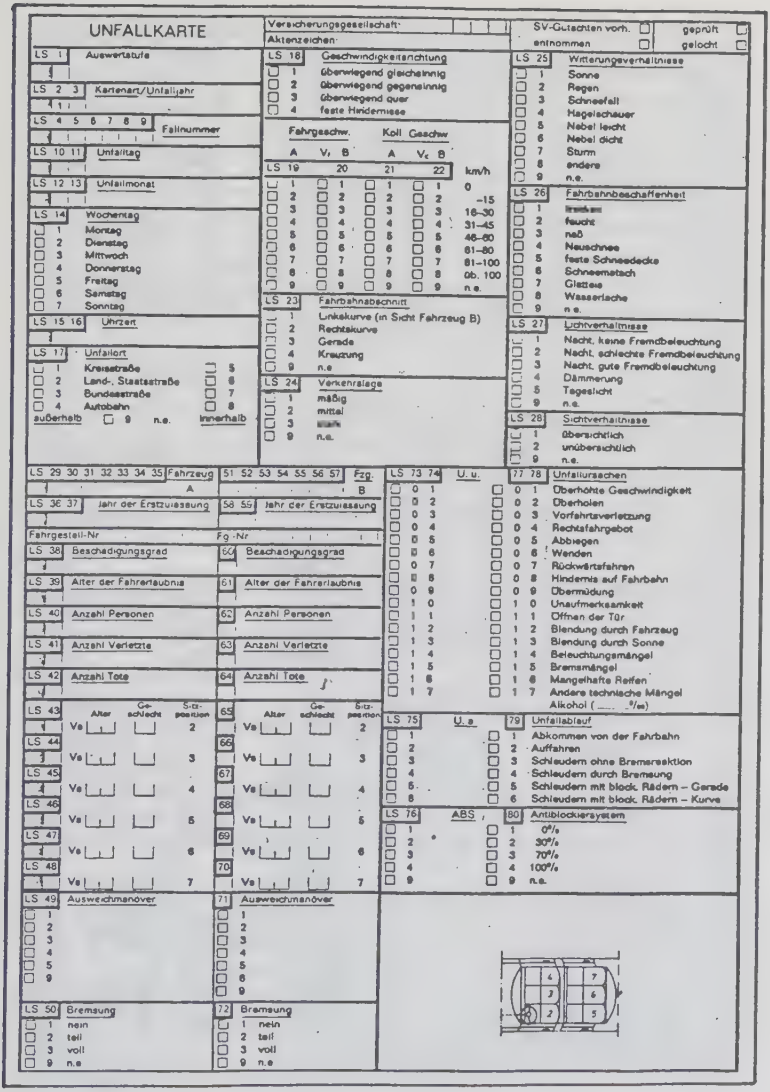
extreme Beschädigung der Heckstruktur mit leichter Deformation der Fahrgastzelle

5 - total

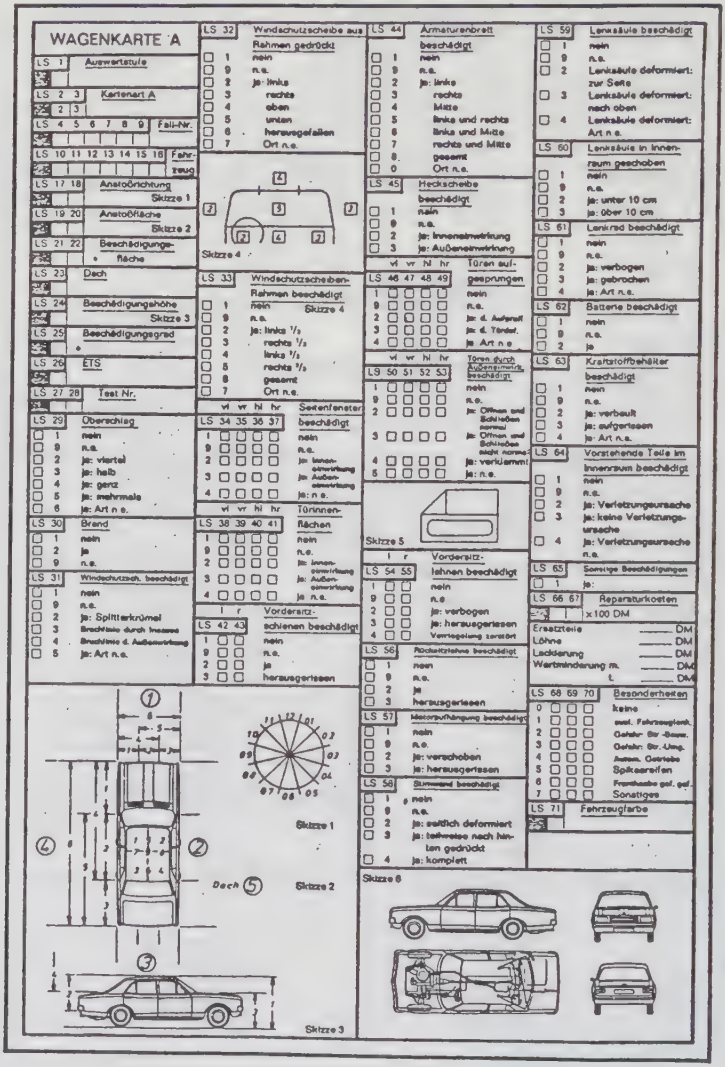
totale Beschädigung der Heckstruktur und der Fahrgastzelle

HUK Verband	Klassifizierung der Fahrzeugbeschädigung Beispiel für Heck	Anhang 4 Bild 3

9.6. Auswertungsbogen der "Fahrzeugsicherheit 74" des HUK-Verbandes



HUK Verband	Rapport HUK "sécurité des voitures 1974": informations sur le déroulement de l'accident	Fig. 1



HUK Verband	HUK-Unfallreport Fahrzeugsicherheit 1974 Angaben zur Fahrzeugbeschädigung	Bild 3

PERSONENKARTE

LS 1 Auswertstufe

LS 2 3 Sitzposition vor Unfall/ Kartenart

LS 4 5 6 7 8 9 Fall-Nr.

LS 10 11 Alter

LS 12 13 14 Größe cm | Gewicht kg

LS 15 Geschlecht
- ☐ 1 männlich
- ☐ 2 weiblich

LS 16 Ort d. Verletzung (nur ausfüllen, wenn anders als Sp. vor Unfall)

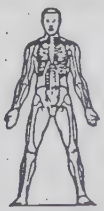
LS 17 Sicherheitsgurt vorhanden
- ☐ 1 nein
- ☐ 9 n.e.
- ☐ 2 ja: 2-Punktgurt
- ☐ 3 ja: 3-Punktgurt
- ☐ 4 ja: 3-Punktgurt mit Automatik
- ☐ 5 ja: Art n.e.

LS 18 Sicherheitsgurt angelegt
- ☐ 1 nein
- ☐ 9 n.e.
- ☐ 2 ja: locker
- ☐ 3 ja: mittel
- ☐ 4 ja: straff
- ☐ 5 ja: Art n.e.

LS 19 Sicherheitsgurt beschädigt
- ☐ 1 nein
- ☐ 9 n.e.
- ☐ 2 ja: gedehnt
- ☐ 3 ja: gerissen
- ☐ 4 ja: Art n.e.

LS 20 Kopfstütze vorhanden
- ☐ 1 nein
- ☐ 9 n.e.
- ☐ 2 ja: aufsteckbar
- ☐ 3 ja: versenkbar
- ☐ 4 ja: integriert
- ☐ 5 ja: Art n.e.

LS 21 Kopfstütze beschädigt
- ☐ 1 nein
- ☐ 9 n.e.
- ☐ 2 ja: verbogen
- ☐ 3 ja: abgerissen
- ☐ 4 ja: Art n.e.



LS 22 Grad d. schwersten Verletzung (nach Skala)

VERLETZTE KÖRPERTEILE

LS 23 24 25	Kopf u. Hals
	Schnittverl.
LS 26 27 28	Kopf u. Hals
	Weichteilverl.
LS 29 30 31	Kopf
	Knochenverl.
LS 32 33 34	Kopf
	Organverl.
LS 35 36 37	Kopf
	Augenverl.
LS 38 39 40	Brustkorb
LS 41 42 43	Unterleib
LS 44 45 46	Schulter
LS 47 48 49	Oberarm
LS 50 51 52	Unterarm
LS 53 54 55	Hand
LS 56 57 58	Oberschenkel
LS 59 60 61	Knie
	Weichteilverl.
LS 62 63 64	Knie
	Knochenverl.
LS 65 66 67	Unterschenkel
LS 68 69 70	Fuß
LS 71 72	Halswirbelsäule
LS 73 74	Rückenwirbelsäule u. Lendenwirbelsäule
LS 75 76	Besonderh. zur. Verl.
LS 77 78	Dauer d. Arbeits- Stationäre Behandlung ☐☐☐ Tage
	• unfähigkeit (100%) in Wochen
LS 79	Nutzen Sicherheitsgurt ☐☐☐☐☐
LS 80	Nutzen Kopfstütze

Unfallskizze

10. LITERATURVERZEICHNIS

(1) ANDERSON T.E.: Ejection Risk in Automobile Accidents. ZQ-5276-V-2R. Calspan Corp. Buffalo, N.Y. 1974.

(2) APPEL H.: Aggressivität von Fahrzeugen als Teilproblem der passiven Sicherheit. ATZ 75 (12) S. 427-32, 1973.

(3) APPEL H., GOTZEN L.: Verletzungsursachen, Verletzungsmechanik, Verletzungsmuster bei verschiedenen Unfallbedingungen. Hefte Unfallheilk. 132, 1977.

(4) BAKER S.P. et al.: The Injury Severity Score: Development and Potential Usefulness. AAAM proceedings 1974, S. 59-74.

(5) BARZ J., REIME J.: Schweregrad des stumpfen Bauchtraumas bei Fahrzeuginsassen unter Berücksichtigung der verschiedenen Unfalltypen. Hefte Unfallheilk. 132, S. 33, 1977.

(6) BAUMGARTL E., STEINER H.: Isolierte abdominelle Organverletzung durch Sicherheitsgurt. Beitrag zum "Seatbelt-Syndrom". Monatschr. Unfallheilk. 71 (6), S. 265-7, 1968.

(7) BEHRENS S. et al.: Menschliche und technische Fehler am Sicherheitsgurtsystem als Verletzungsursache. Arzt und Kraftfahrer, Verlag der Oesterr. Aerztekammer, S. 15-25, 1979.

(8) BEIER G. et al.: Zum statistischen Beweiswert der Insassenverletzungen bezüglich der Sitzposition bei PKW-Unfällen. Beitr. gerichtl. Med. 22, S. 92-95, 1974.

(9) BEIER G. et al.: Zur Frage der Häufigkeit von Unfällen, bei denen der Sicherheitsgurt nicht zur Verminderung der Folgen beigetragen hat. Inst. f. Rechtsmed. München 1975.

(10) BODE O.: Lenkung. Hefte Unfallheilk. 99, S. 272-6, 1968.

(11) BOURKE G.J.: The Efficacy of Car Safety Belts. J.Ir. med. Assoc. 57 (340), S. 110-7, 1965.

(12) BROWN G.: Road Trauma - A Community Crisis. Med. J. Aust. 1 (14), S. 669-74, 1972.

(13) BURKE D.C.: Spinal Cord Injuries and Seat Belts. Med. J. Aust. 2, S. 801-6, 1973.

(14) CAMPBELL B.J., KIHLBERG J.K.: Seat Belt Effectiveness in Non-Ejection Situation. 7th Stapp Conf. proceedings Los Angeles 1965.

(15) CHIPMAN M.L.: Hospitalization after Motor Vehicle Accidents in Nova Scotia. Can. J. Public Health 64 (2), S. 133-40, 1973.

(16) CHRISTIAN M.S.: Non-fatal Injuries Sustained by Back Seat Passengers. Br. med. J. 1 (5953), S. 320-2, 1975.

(17) COERMANN R., DOTZAUER G., LANGE W., VOIGT G.E.: The Effects of the Design of the Steering Assembly and the Instrument Panel on Injuries Sustained by Car Drivers in Head-on Collision. J. Trauma 12 (8), S. 715-24, 1972.

(18) DANNER M.: Unfallstatistik - Unfallauswertung. ADAC-Schriftenreihe Strassenverkehr 19, Mensch und Motorisierung S. 200-10, München 1975.

(19) DANNER M., LANGWIEDER K.: Car / Vehicle Side Impacts - A Study of Accident Characteristics and Occupant Injuries. 6th ESV Conf., Washington 1976.

(20) DEHNER J.R.: Seat Belt Injuries of the Spine and Abdomen. Amer. J. Roentgenol. 111 (4), S. 833-43, 1971.

(21) DE NEVE W.: Auffahrunfall und Halswirbelsäulenverletzung. Beitr. orthop. Traumatol. 16 (9), S. 485-91, 1969.

(22) DI FIORE F.R.: Injuries Due to Automobile Seat Belts. Am. Surg. 34 (11), S. 828-30, 1968.

(23) DOTZAUER G.: Verletzungsfolgen nach Auffahrunfällen. Probleme der Inneren Sicherheit aus der Sicht des Mediziners. Tagung an der ETH Zürich "Sicherheit im Strassenverkehr", 1972.

(24) DUPUIS M.: L'Entorse cervicale. Union med. Can. 105 (5), S. 734-40, 1976.

(25) EBERLE H.: Das medizinische Bild des Verletzten im heutigen Strassenverkehr. in URSPRUNG H.: Sicherheit im Strassenverkehr. Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1974, S. 77-89.

(26) FERGUSON A.L.: Epidemiology of Traffic Accidents. S.Afr. med. J. 48 (14), S. 599-602, 1974.

(27) FIALA E.: Zur Verletzungsmechanik bei Verkehrsunfällen. Hefte Unfallheilk. 98, 1969.

(28) FISCHER H.: Besonderheiten von Strassenverkehrsunfällen. Hippokrates 42 (1), S. 107-11, 1971.

(29) FISCHER H.: Schutzvorrichtungen für Kraftfahrzeuginsassen. Hippokrates 42 (1), S. 114-6, 1971.

(30) FISCHER H.: Der Tod auf der Strasse. Literaturübersicht. Med. Monatsschr. 29 (8), S. 362-7, 1975.

(31) FISCHER H., SPANN W.: Pathologie des Trauma. München, 1967.

(32) FLETCHER B.D., BROGDON B.G.: Seat Belt Fractures of the Spine and Sternum. JAMA 200 (2), S. 167-8, 1967.

(33) FRESE I.: Was leistet der Sicherheitsgurt? Selecta 28, 1978.

(34) GALLE P., TJOA A-Li, TOMSCHI W.: Analyse von 366 Verkehrstodesfällen. Heft Unfallheilk. 130, S. 49, 1976.

(35) GARRETT J.W., BRAUNSTEIN P.W.: The Seat Belt Syndrome. J. Trauma 2, S. 220, 1962.

(36) GAY J.R., ABBOTT K.H.: Common Whiplash Injuries of the Neck. JAMA 152, S. 1698-1704, 1953.

(37) GERSTENBRAND F., ZACHERL H.: Das Peitschenschlagtrauma der Halswirbelsäule. Wien. med. Wschr. 118, S. 799, 1968.

(38) GIKAS P.W.: Mechanisms of Injury in Automobile Crashes. Clin. Neurosurg. 19, S. 175-90, 1972.

(39) GLINZ W.: Klinische Bedeutung der Herzkontusion bei stumpfen Thoraxverletzungen. Hefte Unfallheilk. 121, S. 224-31, 1974.

(40) GöGLER E.: Unfallopfer im Strassenverkehr. Ser. chir. Nr. 5 Docum. Geigy, Basel 1962.

(41) GöGLER E.: Präventivmedizinische Aufgaben der Verkehrsmedizin. ADAC-Schriftenreihe Strassenverkehr 19, Mensch und Motorisierung, S. 211-40, München 1975.

(42) GÖGLER E.: Unfallmechanismen und Sicherheitseinrichtungen bei Verkehrsunfällen. Hefte Unfallheilk. 130, S. 51-74, 1976.

(43) GRATTAN E., HOBBS J.A.: Injuries to Hip Joint in Car Occupants. Br. med. J. 1 (636), S. 71-3, 1969.

(44) HAEUSLER R.: Facial Injury to Vehicle Occupants Associated with Traffic Crashes. The Engineer's Viewpoint. Clin. Plast. Surg. 2 (1), S. 47-51, 1975.

(45) HAMILTON J.B.: Seat-Belt Injuries. Br. med. J. 4 (629), S. 485-6, 1968.

(46) HARRELL J.B.: Clinical Experience with Safety Restraints Used in Washington, D.C., Police Cruisers. J. Trauma, 17 (11), S. 882, 1977.

(47) HARTEMANN F., TARRIERE C.: Synthesis of Statistical Data on Traffic Accidents in France, West Germany, Italy and United Kingdom. 5th ESV Conf., London 1974.

(48) HARTEMANN F., TARRIERE C.: How to further Improve the Protection of Occupants Wearing Seat Belts. AAAM proceedings 1975, S. 36-48.

(49) HARTEMANN F. et al.: Occupant Protection in Lateral Impacts. 20th Stapp Conf. proceedings. SAE paper Nr. 760806, 1976.

(50) HENDERSON J.M., WYLLIE J.M.: Seat-Belts - Limits of Protection: A Study of Fatal Injuries Among Seat Belt Wearers. 17th Stapp Conf. proceedings 730964, S. 35-66, Australien 1972.

(51) HERBERT D.C., STOTT J.D., CORBEN C.W.: Head Space Requirement for Seat Belt Wearers. 19th Stapp Conf. proceedings SAE paper Nr. 751164, S. 675-704, Australien 1975.

(52) HUELKE D.F.: The Effectiveness of Belt Systems in Frontal and Rollover Crashes. SAE paper Nr. 770148, Detroit 1977.

(53) HUELKE D.F., SHERMAN H.W.: Automobile Injuries - Forgotten Area of Public Health Dentistry. J. Am. dent. Assoc. 86 (2), S. 384-93, 1973.

(54) HUELKE D.F., SHERMAN H.W.: Automobile Accident Studies of Maxillofacial Injuries. Clin. Plast. Surg. 2 (1), S. 53-8, 1975.

(55) HUELKE D.F., KAUFER H.: Vertebral Column Injuries and Seat Belts. J. Trauma 15 (4), S. 304-16, 1975.

(56) HUELKE D.F., SHERMAN H.W., O'DAY J.: The Hazard of the Unrestrained Occupant. J. Trauma 16 (5), S. 383-8, 1976.

(57) JONES I.S.: The Use of Accident Data in Studying Vehicle Handling Performance. Proc. Instn. Mech. Engrs. 189 (39), S. 243-49, 1975.

(58) JONES I.S.: Benefits of Restraint Use with Particular Reference to Accidents Involving Compartment Intrusion. ZQ-5434-V-1 Calspan Corp., Buffalo, N.Y., 1976.

(59) KUROCK W., NAGEL M.: Strangulation des Halses durch Sicherheitsgurt. Ein Beitrag zum Seat-Belt-Syndrom. Münch. med. Wschr. 114 (32), S. 1413-7, 1972.

(60) LANGWIEDER K.: Crash Collision Types and Passenger Injuries in Dependency upon Car Construction (Field Studies of the German Automobile Insurance Companies). 16th Stapp Conf. proceedings, Michigan, 1972.

(61) LANGWIEDER K.: Einfluss der Konstruktion von Personenkraftwagen auf Verletzung der Insassen beim Verkehrsunfall. 14th Congress FISITA, London 1972.

(62) LANGWIEDER K.: Aspekte der Fahrzeugsicherheit anhand einer Untersuchung von realen Unfällen. Diss. TU Berlin 1975.

(63) LANGWIEDER K.: Die Verletzungen von angegurteten PKW-Insassen in realen Unfällen. 10. Kongress d. Int. Akad. f. Ger. Med. u. Soz. Med., München 1976.

(64) LANGWIEDER K.: Interior Safety of Automobiles. Verkehrsmedizin, Heidelberg 1977.

(65) LENNER V., LOTH R.: Die Wertigkeit der Thoraxverletzung beim polytraumatisierten Patienten. Hefte Unfallheilk. 130, S. 256, 1976.

(66) LINK K.H.: Zum Kapitel: Ursachen und Verhütung von Autounfällen. Monatsschr. Unfallheilk. 71, S. 263-5, 1968.

(67) LUFF K.: Untersuchung über die Innere Sicherheit von Kraftfahrzeugen. Zschr. F. Verkehrssicherheit 18 (4), S. 225-9, 1972.

(68) LUFF K.: Die Anlegepflicht von Sicherheitsgurten aus medizinischer Sicht. 12. Deutscher Verkehrsgerichtstag Goslar 1974.

(69) LUFF K., LUTZ F.U., BROEMME H.: Ergebnisse einer Untersuchung tödlicher Unfälle von Kraftfahrzeuginsassen unter Berücksichtigung medizinischer und technischer Aspekte. Z. Rechtsmed. 75 (2), S. 121-6, 1974.

(70) LUFF K., LUTZ F.U.: Zur Frage nachteiliger Wirkungen des Sicherheitsgurtes. J. KVDA 1975.

(71) MACKAY G.M.: Injury and Collision Severity. SAE Transactions 77, Nr. 680779, 1968.

(72) MACKAY G.M.: One Engineer's View on Human Injury. Injury 9 (3), S. 179-83, 1978.

(73) MANDELBAUM I., ENDERLE F.J.: Seat Belt Injuries. J. Indiana State med. Assoc. 63 (4), S. 340-2, 1970.

(74) MARQUARDT J.F.: Vehicle and Occupant Factors that Determine Occupant Injury. SAE paper Nr. 74030, Detroit 1974.

(75) MATTERN R. et al.: Halsverletzungen gurtgeschützter PKW-Insassen beim simulierten Frontalaufprall. Jahrestagung Rechtsmedizin Göttingen 1974.

(76) MATTERN R.: Anwendung von Verletzungsskalen in der biomechanischen Forschung. Hefte Unfallheilk. 132, S. 37, 1977.

(77) MAY E., THAISS S.: Sicherheitsrisiko durch Sicherheitsgurte? (Schwere abdominelle Verletzungen durch Dreipunkt-Automatik-Sicherheitsgurte). Hefte Unfallheilk. 130, S. 74-8, 1978.

(78) MCFARLAND R.A., RYAN G.A., DINGMAN R.: Etiology of Motor-Vehicle Accidents, with Special Reference to the Mechanisms of Injury. N. Engl. J. med. 278 (25), S. 1383-8, 1968.

(79) MCLEAN A.J.: Death on the Roads: The Influence of Vehicle Design. Med. J. Aust. 2 (4), S. 168-72, 1966.

(80) MEIER M., WALZ F.: Kopf und Halsverletzungen bei Sicherheitsgurtenträgern. Z. Unfallmed. u. Berufskrankh. 4, S. 174-87, 1977.

(81) MILLER M.M., STARKS H.J.: Ejection in Car Accidents. Road Research Report LR 190 / 1968.

(82) MITSCHE M.: Das sichere Auto: Aktive Sicherheit. in URSPRUNG H.: Sicherheit im Strassenverkehr S. 129-40, Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1974.

(83) MULLER P.H., SUEUR A.: Die Verhütung von Körperverletzungen bei Verkehrsunfällen. Beitr. Gerichtl. Med. 25, S. 222-3, 1969.

(84) NAGEL D.A., BURTON D.S., MANNING J.: The Dashboard Knee Injury. Clin. Orthop. 126, S. 203-8, 1977.

(85) NIEDERER P., WALZ F., ZOLLINGER U.: Adverse Effects of Seat Belts and Causes of Belt Failures in Severe Car Accidents in Switzerland during 1976. 21th Stapp Conf. SAE paper Nr. 770916.

(86) PACY H.: Road Accidents - The Immediate Response: When, Where, By Whom and How. Injury 4 (1), S. 11-7, 1972.

(87) PATRICK L.M.: The Biomechanical Development of Injury-Attenuating Motor Vehicle Design. J. Trauma 10 (3), S. 220-31, 1970.

(88) PORTNOY H.D. et al.: Mechanism of Cervical Spine Injury in Auto Accidents. AAAM proceedings S. 58-83, 1971.

(89) RYAN A.: A Study of Seat Belts and Injuries. 17th Stapp Conf. proceedings 730965, S. 67-80, Australien 1973.

(90) SCHRIEFERS K.H.: Verletzungen durch Lenkradaufprall. Hefte Unfallheilk. 99, S. 276-83, 1969.

(91) SCHULTZ R.C.: Frontal and Supraorbital Fractures from Vehicle Accidents. Clin. Plast. Surg. 2 (1), S. 93-106, 1975.

(92) SCHULTZ R.C., CARBONELL A.M.: Midfacial Fractures from Vehicular Accidents. Clin. Plast. Surg. 2 (1), S. 173-89, 1975.

(93) SCOTT B.Y.: Large and Small Car Accidents Performance: A Large Scale Accident Data Base Analysis. SAE paper Nr. 750113, Michigan 1975.

(94) SEFRIN P.: Verletzungen durch Sicherheitsgurte. Monatsschr. Unfallheilk. 79, S. 429-33, 1976.

(95) SELING A.: Lebensbedrohliche intrathorakale Verletzungen durch indirekte Gewalt. Hefte Unfallheilk. 121, S. 235-7, 1974.

(96) SEVITT S.: Fatal Road Accidents in Birmingham: Times to Death and their Causes. Injury 4 (4), S. 281-93, 1973.

(97) SIMS J.K., EBISU R.J., WONG R.K., WONG L.M.: Automobile Accident Occupant Injury. JACEP 5 (94), S. 796-808, 1976.

(98) SKOELD G., VOIGT G.E.: Spinal Injuries in Belt-Wearing Car Occupants Killed by Head-on Collisions. Injury 9 (2), S. 151-61, 1977.

(99) STATES J.D. et al.: Injury Frequency and Head Restraint Effectiveness in Rear-End Impact Accidents. 16th Stapp Conf. proceedings, SAE paper Nr. 720967, S. 228-57, 1971.

(100) STINGL H.: Kiefer - Gesichtsverletzungen und Sicherheitsgurte. Quintessenz 27 (4), S. 129-30, 1976.

(101) SUREN E.G. et al.: Verletzungsbild, -ursache und -mechanik beim Fahrzeugseitenanprall. Langenbecks Arch. Chir., Suppl. S. 351-5, 1975.

(102) SUREN E.G. et al.: Insassenverletzungen beim seitlichen Fahrzeugunfall. Hefte Unfallheilk. 130, S. 284-7, 1978.

(103) TARRIERE C.: Efficiency of the 3-Point Belt in Real Accidents. 4th ESV Conf., Kyoto 1973.

(104) TARRIERE C., FAYON A., HARTEMANN F.: The Contribution of Physical Analysis of Accidents Towards Interpretation of Severe Traffic Trauma. 19th Stapp Conf., SAE paper Nr. 751176, S. 965-93, 1975.

(105) TONGE J.I. et al.: Traffic Crash Fatalities. Injury Patterns and Other Factors. Med. J. Aust. 2 (1), S. 5-17, 1972.

(106) VELLAR I.D. et al.: Rupture of the Bowel due to Road Trauma. The Emergence of the Seat Belt Syndrome. Med. J. Aust. 8, S. 694-6, 1976.

(107) VOIGT G.E.: Untersuchung zur Mechanik der Beckenfrakturen und -luxationen. Hefte Unfallheilk. 85, 1965.

(108) VOIGT G.E.: Die Biomechanik stumpfer Brustverletzungen besonders von Thorax, Aorta und Herz. Ein Beitrag zum Problem der sogenannten Inneren Sicherheit von Personenkraftwagen. Hefte Unfallheilk. 96, S. 1-115, 1968.

(109) VOIGT G.E.: Entstehungsweise von Schädelbrüchen bei Kraftfahrzeuginsassen. Radiologe 12 (9), S. 288-90, 1972.

(110) VOIGT G.E.: Injury Patterns in Traffic Accidents and Suggested Preventive Measures. Acta Ortho. Scand. 46 (20), S. 475-83, 1975.

(111) VOIGT G.E., LANGE W., DOTZAUER G.: Entstehungsweise der Verletzungen von Fahrern und Beifahrern frontal kollidierender Fahrzeuge. Z. Rechtsmed. 73 (4), S. 255-72, 1973.

(112) WALZ F.: Der Einfluss von Sitzgurten und Kopfstützen auf die Verletzungen von Autoinsassen. Diss. Zürich 1974.

(113) WALZ F.: Rückhaltevorrichtungen für Frontpassagiere im PKW. Verkehrsunfall 10/11, 1976.

(114) WALZ F.: Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule bei Gurtenträgern. Hefte Unfallheilk. 129, S. 278-84, 1977.

(115) WALZ F., NIEDERER P.: Trotz Sicherheitsgurt hinausgeschleuderte Insassen bei Verkehrsunfällen. Medita 9a, S. 154-9, 1977.

(116) WALZ F. et al.: Unfalluntersuchung Sicherheitsgurten. Eidgen. Justiz- und Polizeidepartement, Bern 1977.

(117) WALZ F. et al.: Medizinische und unfalldynamische Rekonstruktion von Verkehrsunfällen. Schweiz. Rundschau Med. 68 (14), S. 435-43, 1979.

(118) WEGMANN R.: Unfallmechanismen und Verletzungsverteilung bei angegurteten Autoinsassen bei Frontal-, Schrägfrontal- und Seitenkollisionen. Diss. Zürich 1978.

(119) WEISZ G.M., SCHRAMEK A., BARZILAT A.: Injury to the Driver. J. Trauma 14 (3), S. 212-5, 1974.

(120) WEYAND F., KUNER E.H., BAUER B.: Typische Verletzungen bei Verkehrsunfällen. Monatsschr. Unfallheilk. 77 (4), S. 173-8, 1974.

(121) WIESNER H., MUMENTHALER M.: Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule. Eine katamnestische Studie. Arch. orthop. Unfallchir. 81 (1), S. 13-36, 1975.

(122) WILKS P.M.: Safety in Car Design. Proc. R. Soc. med. 60 (10), S. 955-8, 1967.

(123) WILLUMEIT H.P.: Das sichere Auto: Passive Sicherheit. in URSPRUNG H.: Sicherheit im Strassenverkehr. S. 141-9, Fischer Taschenbuchverlag Frankfurt, 1974.

(124) WILLEKE R. et al.: Ein Optimum an Sicherheit. Nutzen/kosten-Untersuchungen für Verkehrssicherheitsmassnahmen. Schriftenr. d. VDA 25, 1978.

(125) WIRTH E.: Stumpfe Brustkorbverletzungen tödlich verletzter PKW-Insassen nach Frontalzusammenstössen unter besonderer Berücksichtigung der klinischen und gerichtsärztlichen Diagnostik der Commotio Cordis. Beitr. gerichtl. Med. 30, S. 458-64, 1973.

(126) WITTE C.L.: Mesentery and Bowel Injury from Automotive Seat Belts. Ann. Surg. 167 (4), S. 486-92, 1968.

(127) ZOLLINGER U.: Häufigkeit und Umstände nachteiliger Auswirkungen von Sicherheitsgurten. Diss. Zürich 1978.

(128) THE ABBREVIATED INJURY SCALE (AIS), Joint Committee of AMA, SAE, AAAM, 1976 Revision.

(129) HUK - Verband: Ursachen und Begleitumstände der Verkehrsunfälle mit schwerem Personenschaden in der Bundesrepublik Deutschland. Unfalltyp D: Nichteinhalten des Rechtsfahrgebotes. Hamburg 1971.

(130) HUK - Verband: Ursachen und Begleitumstände der Verkehrsunfälle mit schwerem Personenschaden in der Bundesrepublik Deutschland. Unfalltyp E: Abkommen von der Fahrbahn. Hamburg 1971.

(131) HUK - Verband: Innere Sicherheit im Auto. Bericht Nr. 1 u. 2. Hamburg 1972.

(132) HUK - Verband: Causes and Accompanying Circumstances of Motor Accidents Involving serious Personal Injury in the Federal Republic of Germany. Hamburg 1973.

(133) HUK - Verband: Ursachen und Begleitumstände der Verkehrsunfälle mit schwerem Personenschaden in der Bundesrepublik Deutschland. Unfallty A: Ueberholen. Hamburg 1974.

(134) HUK - Verband: Ursachen und Begleitumstände der Verkehrsunfälle mit schwerem Personenschaden in der Bundesrepublik Deutschland. Unfalltyp B: Vorfahrtsverletzung. Hamburg 1974.

(135) HUK - Verband: Ursachen und Begleitumstände der Verkehrsunfälle mit schwerem Personenschaden in der Bundesrepublik Deutschland. Unfalltyp F: Einbiegen, Abbiegen, Wenden oder Spurwechsel. Hamburg 1974.

(136) HUK - Verband: Innere Sicherheit im Auto: Das Unfallgeschehen und seine Folgen. Hamburg 1975.

(137) HUK - Verband: Fakten zu Unfallgeschehen und Fahrzeugsicherheit. München 1977.

(138) HUK - Verband: Reduzierung von Verletzungen und Aenderung des Verletzungsbildes durch Anlegen der Sicherheitsgurte. München 1977.

(139) KRAFTFAHRZEUGBUNDESAMT FLENSBURG: Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern. Flensburg 1977.

(140) FIRMA Dr. h.c. F. PORSCHE: Persönliche Mitteilungen.

(141) BUNDESANSTALT für STRASSENWESEN: Bericht über die 23. Jahrestagung der Amerikanischen Gesellschaft für Verkehrsmedizin (AAAM) vom 3.-6. Oktober 1979 in Louisville, Kentucky / USA. U2 - hi AAAM - 3822/79. Köln 1979.

An dieser Stelle danke ich Herrn Prof. Dr. E. Kern für die freundliche Uebernahme des Korreferats.

Herrn Dr. K. Langwieder und Herrn U. Mellinghof vom Büro für Kfz.-Technik des HUK-Verbandes in München und ihren Mitarbeitern danke ich sehr herzlich für die Unterstützung in den technischen Fragen und die wertvollen Ratschläge bei der Durchführung der Arbeit.

Herzlichen Dank sage ich Herrn Dipl. Ing. Dr. H.H. Braess und Herrn Dr. Ing. U. Bez und ihren Mitarbeitern, den Herren W. Bühren, R. Hoefs und H.W. Stahl vom Entwicklungszentrum der Firma Dr. h.c. F. Porsche in Weissach für die Zusammenstellung der Unfälle und die Unterstützung bei der technischen Auswertung und die fortlaufende Diskussion der Ergebnisse. Mein Dank gilt auch allen Mitarbeitern der Firma Dr. h.c. F. Porsche, die bei der Uebermittlung von Ergebnissen beteiligt waren.

Ganz besonders herzlich möchte ich Herrn Priv. Doz. Dr. med. habil. P. Sefrin für die Ueberlassung des Themas und seine unermüdliche Betreuung und die wertvollen Anregungen bei der Fertigstellung der Arbeit danken.

CURRICULUM VITAE

Susanne Christine HEINZ

geb. 9. August 1956 in Wertheim / Main BRD

Tochter des Dr. med. Walther Heinz und der Johanna Heinz, geb. Kurz

Schulen:

1963 - 66	Grundschule in Aalen
1966 - 75	Gymnasium in Aalen
1975	Abitur

Studium:

seit November 1975 an der Bayer. Julius-Maximilians Universität Würzburg

1977	Aerztliche Vorprüfung
1978	1. Teil der Aerztlichen Prüfung
1980	2. Teil der Aerztlichen Prüfung
1981	Ausbildung im Praktischen Jahr am Universitätsspital Zürich (Chirurgie B, Chirurgie A, Medizin. Poliklinik, Institut für Anaesthesiologie)
1982	3. Teil der Aerztlichen Prüfung

Susanne Heinz

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80